

# **IMPLEMENTAÇÃO BIM NUM PROJETO DE INSTALAÇÕES DE UM EDIFÍCIO UNIFAMILIAR**

Abastecimento de águas, águas residuais e  
pluviais e aspiração central

**PEDRO JOSUÉ MÁXIMO ROCHA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor Miguel Jorge Chichorro Rodrigues Gonçalves

---

Coorientador: Mestre José Filipe Pinheiro de Sousa Moreira da Silva

---

Coorientadora: Licenciada Inês da Silva Pimentel

JUNHO DE 2015

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446



[miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440



[feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2013.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À memória da minha avó Rosa

*As verdadeiras conquistas, as únicas de que nunca nos arrependemos, são aquelas que  
fazemos contra a ignorância*

*Napoleão Bonaparte*





## **AGRADECIMENTOS**

Para a realização desta dissertação contei com a ajuda e apoio de inúmeras pessoas às quais expresso o devido agradecimento.

Ao meu orientador, o Professor Miguel Chichorro Gonçalves pela oportunidade que me deu de realizar este trabalho, um agradecimento por toda a disponibilidade, incentivo, motivação bem como pelo apoio sempre demonstrado.

Aos meus coorientadores, o arquiteto Filipe Moreira da Silva e arquiteta Inês da Silva Pimentel, por toda disponibilidade e ajuda facultada que de outra forma tornaria a abordagem ao projeto de arquitetura impossível de ser realizada.

Ao engenheiro Pedro Mêda por toda a ajuda disponibilizada que me permitiu um melhor entendimento de muitos conceitos abordados ao longo desta dissertação.

À minha família, aos meus pais Ario e Clara Rocha, à minha irmã Sara Filipa e ao meu tio António por todo o apoio dado ao longo da vida e contribuição à minha formação enquanto pessoa.

Aos meus amigos Diogo Almeida, Filipe Pereira, Rogério Silva e Sandra Sorte por toda a amizade e companheirismo que sempre demonstraram.

A todos o meu sincero, Muito Obrigado!



## RESUMO

A aplicação da lógica *Building Information Modeling* (BIM) encontra-se cada vez mais presente entre os diferentes projetistas das várias especialidades existentes na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). Entre as diferentes ferramentas BIM existentes no mercado verifica-se a adequabilidade do uso que cada uma tem com a especialidade para a qual foi principalmente desenvolvida. Com a transição de realização de projetos com métodos tradicionais CAD para a metodologia BIM aliada à grande oferta de ferramentas existentes e distintas entre si, surge a preocupação da normalização e procura de procedimentos de implementação de comunicação entre as várias especialidades.

O rápido desenvolvimento associado às tecnologias da informação aplicadas à construção tem originado inúmeros dilemas por parte da indústria AEC.

A presente dissertação explora a aplicabilidade de um projeto BIM em relação a um caso de estudo considerado. O caso de estudo analisado consiste na implementação de um conjunto de instalações hidráulicas: abastecimento de água e águas residuais e pluviais e de aspiração central a um edifício unifamiliar. No edifício em estudo, a arquitetura foi desenvolvida em ambiente BIM, enquanto o projeto de instalações hidráulicas foi desenvolvido com ferramentas de CAD na sua forma mais tradicional. A aspiração central não foi projetada pelo que se aproveita a implementação destes projetos em BIM para acrescentar este outro componente.

A metodologia utilizada consistiu em considerar o projeto BIM de arquitetura e o projeto CAD de instalações hidráulicas bem como um conjunto de documentação existente tal como o mapa de trabalhos e quantidades e fichas técnicas de execução dos equipamentos de modo a realizar a implementação BIM do projeto de instalações hidráulicas e aspiração central. Para a referida implementação recorreu-se a várias ferramentas de projeto BIM e de modelação existentes no mercado atual nomeadamente ArchiCAD, Revit, Sketchup e Solibri. De modo a utilizar o mais corretamente possível as diferentes ferramentas foi considerado um conjunto de procedimentos que relacionam conceitos de comunicação, verificação, modelação e edição de objetos paramétricos, bem como a visualização relacionada com um projeto em ambiente BIM.

Verifica-se todo um conjunto de vantagens económicas, de comunicação e de visualização associadas a uma correta aplicação da lógica BIM. Contudo para que as vantagens de utilização do conceito BIM se manifestem é necessário o conhecimento prévio de todas as limitações e desvantagens que advêm das capacidades, expectativas e procedimentos adotados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Instalações Hidráulicas, BIM, Revit, Sketchup, Interoperabilidade.



## **ABSTRACT**

The application of Building Information Modeling (BIM) concept is rising among different designers in the various existing specialties related to Architecture, Engineering and Construction industries (AEC). Between the different BIM software packages available in the current market, each one denotes a particular orientation to a single project specialty. With the transition from traditional CAD design methods to BIM oriented concept, together with the wide range of different BIM tools arises the concern for standardization and consideration of procedures for design and communication between the various specialty projects.

The fast development of information technology associated with construction has caused numerous dilemmas in AEC industry.

This thesis explores the applicability of a BIM project related to a case study. The analyzed case study has the objective of design a set of plumbing and central vacuum system related to a single-family house. In the considered case study, the architecture design was developed under the BIM concept while MEP design was developed using CAD tools in a more traditional way.

The methodology used follows the consideration of the architectural BIM design and CAD plumbing design as well as existing project documentation in order to achieve the implementation of BIM design to plumbing and central vacuum systems. In order to reach the correct BIM implementation, it was necessary to consider a various range of BIM tools like ArchiCAD, Revit, Sketchup, and Solibri. The accurate implementation of the plumbing and central vacuum system was only possible with the consideration of a set of procedures which are related to concepts of communication, project checking, editing of parametric modeling objects, and the visualization options available in BIM environment.

There is a whole set of economic, communication and visualization advantages that is possible to achieve with the correct application of the BIM concept. Yet for achieving the whole set of BIM advantages there was to be a prior knowledge of all limitations and disadvantages that comes with the capabilities, expectations and procedures adopted.

**KEYWORDS:** MEP, BIM, Revit, Sketchup, Interoperability.



## ÍNDICE GERAL

<b>RESUMO .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iii</b>
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Considerações Iniciais.....	1
1.2. Âmbito e Objetivos .....	2
1.3. Organização da Dissertação .....	2
<b>2. Estado de Arte .....</b>	<b>5</b>
2.1. Abordagem histórica.....	5
2.2. Atualidade do planeamento e a sua relação com a lógica BIM .....	8
2.3. O conceito de BIM .....	8
2.4. Definições base associadas ao BIM.....	10
2.4.1. Introdução.....	10
2.4.2. Objetos Paramétricos .....	10
2.4.3. Interoperabilidade.....	11
2.4.4. Níveis de maturidade do BIM .....	12
2.4.5. Níveis de desenvolvimento LOD .....	13
2.4.6. Dimensões do BIM .....	15
2.5. Vantagens do BIM .....	17
2.6. Desvantagens e Limitações .....	18
2.7. Principais Ferramentas BIM existentes no mercado.....	20
2.8. Instalações no contexto atual da construção.....	20
<b>3. Estudo de Caso .....</b>	<b>23</b>
3.1. Considerações Iniciais.....	23
3.2. Descrição de Projeto .....	23
3.2.1. Introdução.....	23
3.2.2. Projetos Disponibilizados .....	24
3.2.3. Materiais e elementos Seleccionados.....	28
3.3. Metodologia a ser implementada.....	30
<b>4. Implementação do Projeto MEP .....</b>	<b>33</b>
4.1. Introdução à implementação do projeto MEP .....	33
4.2. Projeto de arquitetura em ArchiCAD.....	34

4.2.1.	Introdução ao ArchiCAD.....	34
4.2.2.	Interface do ArchiCAD.....	34
4.2.3.	Abrir e visualizar o projeto em ArchiCAD.....	36
4.2.4.	Conversão do ficheiro ArchiCAD .pln em IFC.....	41
<b>4.3.</b>	<b>Verificação SOLIBRI da Exportação IFC.....</b>	<b>43</b>
4.3.1.	Introdução ao Solibri.....	43
4.3.2.	Interface do Solibri model viewer.....	43
4.3.3.	Abrir e visualizar o modelo IFC no Solibri Model Viewer.....	44
<b>4.4.</b>	<b>Auxiliar SKETCHUP ao Projeto de Instalações Hidráulicas.....</b>	<b>45</b>
4.4.1.	Introdução ao sketchup.....	45
4.4.2.	Interface do Sketchup.....	46
4.4.3.	Abrir e visualizar o modelo em Sketchup.....	47
<b>4.5.</b>	<b>Implementação das instalações hidráulicas em Revit.....</b>	<b>49</b>
4.5.1.	Introdução ao Revit.....	49
4.5.2.	Interface do Revit.....	50
4.5.3.	Importação do projeto para Revit.....	53
4.5.4.	Opções gráficas de visualização em Revit.....	56
4.5.5.	Preparação inicial do projeto em Revit.....	59
4.5.6.	Introdução à Implementação das instalações.....	62
4.5.7.	Metodologia de implementação da rede de abastecimento de águas.....	65
4.5.8.	Equipamentos relativos à rede de abastecimento de águas.....	65
4.5.9.	Tubagens da rede de abastecimento de água.....	71
4.5.10.	Acessórios relativos à rede de abastecimento de água.....	78
4.5.11.	Metodologia de implementação da rede de águas residuais e pluviais.....	87
4.5.12.	Implantação dos Tubos de queda.....	87
4.5.13.	Elementos relativos à rede de águas residuais e pluviais.....	88
4.5.14.	Canalizações relativas à rede de águas residuais e pluviais.....	90
4.5.15.	Metodologia de implementação do sistema de aspiração central.....	99
4.5.16.	Abrangência das mangueiras de aspiração.....	99
4.5.17.	Projeto de equipamentos e condutas de aspiração central.....	100
4.5.18.	Finalização do processo de implementação.....	103
<b>4.6.</b>	<b>Interoperabilidade final.....</b>	<b>107</b>
4.6.1.	Introdução.....	107
4.6.2.	Revisão da implementação do projeto de instalações.....	107
4.6.3.	Exportação do projeto para IFC.....	109



4.6.4.	Verificação do ficheiro IFC .....	110
4.6.5.	Importação do modelo IFC para ArchiCAD .....	112
<b>5.</b>	<b>Análise do Projeto MEP .....</b>	<b>117</b>
5.1.	Introdução .....	117
5.2.	Dificuldades de implementação do projeto de instalações do edifício .....	117
5.3.	Erros e incompatibilidades encontradas no projeto de instalações.....	121
5.3.1.	Introdução.....	121
5.3.2.	Rede de abastecimento de água .....	121
5.3.3.	Rede de águas residuais e Pluviais .....	122
5.3.4.	Sistema de aspiração central .....	124
<b>6.</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>125</b>
6.1.	Discussão.....	125
6.2.	Desenvolvimentos futuros.....	128
<b>7.</b>	<b>Bibliografia.....</b>	<b>131</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Reconstrução virtual da cidade de Aquetaton (adaptado de <a href="http://www.amarna3d.com">http://www.amarna3d.com</a> ) .....	5
Fig. 2.2 – Maquete de uma casa egípcia (adaptado de Wildung 2012) .....	6
Fig. 2.3 – Maquete de Brunelleschi (adaptado de <a href="http://www.architectural-review.com/">http://www.architectural-review.com/</a> ) .....	6
Fig. 2.4 – Escritório de Arquitetura em Paris no séc. XIX (adaptado de <a href="http://www.metmuseum.org/">http://www.metmuseum.org/</a> ) ..	7
Fig. 2.5 – BIM e a sua abrangência ao ciclo de vida completo de um edifício (adaptado de <a href="http://buildipedia.com/">http://buildipedia.com/</a> ) .....	9
Fig. 2.6 – Diferentes níveis de maturidade BIM (adaptado de Bew Richards, 2009/10) .....	13
Fig. 2.7 – Níveis de desenvolvimento LOD (adaptado de <a href="http://praticalbim.blogspot.pt">http://praticalbim.blogspot.pt</a> ) .....	14
Fig. 2.8 – <i>Software</i> Navisworks apresentando o faseamento construtivo bem como o planeamento das tarefas (adaptado de <a href="http://www.mrasbuilt.com/">http://www.mrasbuilt.com/</a> ) .....	16
Fig. 2.9 – Modelo parcial do MEP usado no One Island East (adaptado de Brandon 2008) .....	22
Fig. 3.1 – Projeto de arquitetura em ArchiCAD .....	24
Fig. 3.2 – Corte horizontal do projeto de arquitetura .....	25
Fig. 3.3 – Corte vertical do projeto de arquitetura .....	25
Fig. 3.4 – Corte do projeto de rede de abastecimento de água .....	26
Fig. 3.5 – Planta do piso 1 do projeto de abastecimento de água .....	26
Fig. 3.6 – Pormenor do piso 0 da planta de abastecimento de água .....	27
Fig. 3.7 – Planta do projeto de águas residuais e pluviais do piso 0 .....	27
Fig. 3.8 – Corte do projeto de águas residuais .....	28
Fig. 3.9 – Extrato do mapa de trabalhos e quantidades .....	29
Fig. 3.10 – Ficha de lavatório (adaptado de <a href="http://www.duravit.com/">http://www.duravit.com/</a> ) .....	30
Fig. 4.1 – Interface ArchiCAD .....	35
Fig. 4.2 – a) Processo para Abertura de um ficheiro <i>.p/n</i> ; b) Conversão para versão educacional .....	37
Fig. 4.3 – Relatório de bibliotecas com o ficheiro <i>.p/n</i> aberto .....	37
Fig. 4.4 – <i>Library Manager</i> e resultado após a sua atualização e ativação de camadas ocultas .....	38
Fig. 4.5 – <i>Quick Selection</i> e informações associadas à laje do piso 1 .....	39
Fig. 4.6 – Desenho de pormenor de casa de banho .....	40
Fig. 4.7 – Propriedades IFC associadas a uma viga .....	41
Fig. 4.8 – Exportação em formato IFC .....	42
Fig. 4.9 – Interface do Solibri Model Viewer .....	44
Fig. 4.10 – Visualização do ficheiro IFC no Solibri Model Viewer .....	45
Fig. 4.11 – Interface Sketchup Make .....	47

Fig. 4.12 – Corte ao nível o piso 1 em Sketchup .....	48
Fig. 4.13 – Elemento selecionado e suas informações relativas .....	49
Fig. 4.14 – Interface base do Revit .....	51
Fig. 4.15 – Interface geral do Revit .....	52
Fig. 4.16 – Aspeto geral do ficheiro importado e alguns erros possíveis de ocorrer durante a edição .....	55
Fig. 4.17 – Importação de um ficheiro .rvt a partir de um <i>link</i> .....	56
Fig. 4.18 – Aspeto gráfico do modelo importado por <i>link</i> e barra de controlo de visualização .....	58
Fig. 4.19 – Interface ArchiCAD .....	59
Fig. 4.20 – Edição da informação relativa ao piso 2 .....	60
Fig. 4.21 – Utilização da ferramenta <i>Section</i> para produção de cortes .....	61
Fig. 4.22 – Utilização da ferramenta <i>Callout</i> para sectorização de áreas .....	62
Fig. 4.23 – Aspeto geral da aba <i>Systems</i> existente no <i>Ribbon</i> .....	63
Fig. 4.24 – Aspeto geral das bibliotecas de objetos Revit city em a), Autodesk Seek em b) e NBS em c) .....	64
Fig. 4.25 – Aba e janela de navegação da biblioteca Ofcdesk .....	64
Fig. 4.26 – Procedimento de importação de ficheiro .rfa .....	66
Fig. 4.27 – Resultado da importação de um ficheiro .dwg .....	67
Fig. 4.28 – Modelação de equipamentos: a) Desenho técnico; b) Modelação em Sketchup .....	68
Fig. 4.29 – Janelas de propriedades relativas a objetos paramétricos: a) torneira; b) conector para ligação de tubagens .....	69
Fig. 4.30 – Posicionamento de equipamentos recorrendo a várias vistas .....	70
Fig. 4.31 – Equipamentos e conectores presentes numa Casa de banho .....	71
Fig. 4.32 – Janela <i>Type Properties</i> relativa à tubagem Coprax .....	72
Fig. 4.33 – Janelas <i>Routing Preferences</i> e <i>Mechanical Settings</i> relativas à tubagem Coprax .....	73
Fig. 4.34 – Criação de uma tubagem a partir de um conector .....	74
Fig. 4.35 – Representação de um erro ocorrido na modelação da rede de abastecimento; a) vista em corte b) vista 3D c) vista em Sketchup .....	75
Fig. 4.36 – Comparação relativamente ao isolamento de duas tubagens .....	75
Fig. 4.37 – Trecho de teto falso da garagem considerado na zona de passagem de tubagens .....	76
Fig. 4.38 – Zona de interseções de tubagens .....	76
Fig. 4.39 – Etapas de criação da união cruzamento Coprax: a) Ficha de produto da união cruzamento; b) Modelação da união em Sketchup; c) Edição de modelo em Revit; d) Utilização da união cruzamento; .....	77
Fig. 4.40 – Verificação de intersecções em ambiente Sketchup .....	78
Fig. 4.41 – Rede de abastecimento de água e equipamentos relativos a uma casa de banho .....	85

Fig. 4.42 – Rede de abastecimento de água e equipamentos relativos à divisão técnica .....	85
Fig. 4.43 – Vista geral da rede de abastecimento de águas .....	86
Fig. 4.44 – Vista geral da rede de abastecimento de águas em modo de visualização <i>realistic</i> .....	86
Fig. 4.45 – Criação de um <i>System Type</i> relativo à rede de água pluviais.....	88
Fig. 4.46 – Janela <i>View Range</i> relativa ao piso 0.....	89
Fig. 4.47 – Modelação em Sketchup as caixas de visita e simulação da sua localização .....	90
Fig. 4.48 – a) Ferramentas de inclinação; b) Desenho de uma canalização.....	90
Fig. 4.49 – Processo de criação de uma nova inclinação de tubagens.....	91
Fig. 4.50 – Processo de implementação de um ralo de pinha com um tubo de queda: a) Colocação do ralo em pinha; b) Desenho de tubagem; c) Implementação automática de um joelho; d) Reposicionamento do ralo;.....	92
Fig. 4.51 – Tentativas de implementação dos ramais de ligação: a) Erro e ligação; b) Ramal de ligação instalado sem reconhecimento de qualquer tipo de erro; .....	93
Fig. 4.52 – Reposicionamento de uma caixa de visita pela existência de objetos sobrepostos .....	94
Fig. 4.53 – Rede de águas residuais relativas a uma casa de banho .....	97
Fig. 4.54 – Aspeto geral de um trecho da rede de águas residuais e pluviais relativo ao piso 0.....	97
Fig. 4.55 – Vista geral da rede de águas residuais e pluviais .....	98
Fig. 4.56 – Vista geral da rede de águas residuais e pluviais em modo de visualização <i>realistic</i> .....	99
Fig. 4.57 – Abrangência das mangueiras de aspiração.....	100
Fig. 4.58 – Processo de implementação do sistema de aspiração central.....	101
Fig. 4.59 – Vista geral do sistema de aspiração central .....	102
Fig. 4.60 – Vista geral do sistema de aspiração central em modo de visualização <i>realistic</i> .....	103
Fig. 4.61 – Vista geral do projeto completo de instalações .....	104
Fig. 4.62 – Vista geral do projeto completo de instalações em modo de visualização <i>realistic</i> .....	104
Fig. 4.63 – Vista geral do projeto completo de instalações num <i>render</i> externo ao Revit .....	105
Fig. 4.64 – Vista de cima de uma casa de banho recorrendo a um <i>render</i> externo ao Revit .....	105
Fig. 4.65 – Vista da instalação dos coletores solares recorrendo a um <i>render</i> externo ao Revit .....	106
Fig. 4.66 – Vista geral de uma casa de banho recorrendo a um <i>render</i> externo ao Revit .....	106
Fig. 4.67 – Erros detetados durante a revisão do projeto de instalações: a) Tubagem à vista e tubagem desconectada; b) Inexistência de ligação de ramal à caixa de pavimento; c) Conector a mais colocado acidentalmente; d) Caixa de visita fora de posição devido a erro de cota; .....	108
Fig. 4.68 – Janela <i>Purge Unused</i> .....	109
Fig. 4.69 – Exportação do projeto de instalações em formato IFC.....	110
Fig. 4.70 – Aspeto geral do projeto de instalações em ambiente Solibri.....	111
Fig. 4.71 – Verificação de um autoclismo usado no projeto de instalações .....	111

Fig. 4.72 – Tentativas de importação para junção do projeto de instalações com o de arquitetura ...	113
Fig. 4.73 – Projeto de instalações hidráulicas e aspiração central em formato IFC importado para ArchiCAD .....	113
Fig. 4.74 – Relatório de exportação Sketchup .....	114
Fig. 4.75 – Projeto de arquitetura e instalações importados para ArchiCAD segundo um único ficheiro .....	115
Fig. 5.1 – Objetos modelados em ambiente Sketchup .....	119
Fig. 5.2 – Processo de subdivisão do modelo em diferentes componentes para criação de uma conexão .....	120
Fig. 5.3 – Rede de retorno de água quente: a) Situação em que se recorre ao menor percurso possível; b) Situação em que a rede de retorno segue as tubagens de abastecimento devido a incompatibilidades arquitetónicas existentes; .....	122
Fig. 5.4 – Incompatibilidade de espaço de parede relativo às ligações entre tubagens de águas residuais .....	123
Fig. 5.5 – Incompatibilidade de espaço de camada de regularização face a inclinação dos ramais de ligação .....	124
Fig. 6.1 – Comparação entre aspetos visuais: a) Opção <i>ray trace</i> do Revit; b) Opção a ser desenvolvida futuramente e que possibilita uma leitura intuitiva dos diferentes níveis de LOD; .....	129

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 - Diferentes exportações IFC efetuadas em ArchiCAD e erros resultantes.....	43
Tabela 4.2 - Diferentes importações IFC efetuadas em Revit e erros e avisos resultantes .....	54
Tabela 4.3 - Diferentes bibliotecas instaladas e respetivo número de objetos .....	63
Tabela 4.4 - Objetos paramétricos utilizados na rede de abastecimento de águas (cont.) .....	79
Tabela 4.5 - Objetos paramétricos utilizados na rede de águas residuais e pluviais (cont.) .....	94
Tabela 4.6 - Objetos paramétricos utilizados no sistema de aspiração central .....	102
Tabela 4.7 - Espaço ocupado pelos diferentes ficheiros salvados ou exportados .....	110





## **ABREVIATURAS**

2D – Bidimensional

3D – Tridimensional

AEC – Arquitetura, engenharia e construção

AIA – American institute of architects

BIM – Building information modeling

BIM(M) – Building information modeling and management

CAD – Computer aided design

CIS/2 – CIMsteel integration standard version 2

CM1 – Condução montante 1

cm – centímetros

cont. - continua

FEUP – Faculdade de engenharia da universidade do Porto

Fig. – Figura

GB – Gigabyte

iBIM – intelligent building information modeling

IFC – Industry Foundation classes

ISO – International standards organization

LOD – Level of development

MB – Megabyte

MEP – Mechanical electrical and plumbing

mm – milímetros

RAM – Random access memory

STEP – Standard for exchange of product model data



# 1

## Introdução

### 1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Ao longo da história da Humanidade a construção caracterizou sempre o estado social, político, religioso e cultural de cada civilização. A construção de outrora era caracterizada pelo conhecimento acumulado dos sistemas construtivos que eram controlados por um reduzido e limitado número de intervenientes.

Atualmente, a grande multiplicidade de intervenientes na construção aliada às preocupações ambientais e ao pensamento de redução do desperdício levam a uma racionalização da construção em que o objetivo principal é o de executar todas as tarefas ao longo do processo construtivo com menos desperdício, menos custos, menos trabalhos, menos substituições, existindo sempre uma elevada comunicação entre os diferentes intervenientes de modo a alcançar um resultado de qualidade e lucrativo.

O desenvolvimento das tecnologias da informação tem permitido um contínuo desenvolvimento da forma de pensar na indústria da construção, estando ultimamente o *Building Information Modeling* (BIM) na vanguarda deste desenvolvimento. O BIM é cada vez mais utilizado como ferramenta de projeto e de comunicação entre as diferentes especialidades da indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC). Estas têm, cada vez mais, recorrido ao conceito BIM de modo a adotar uma lógica construtiva que pretende a racionalização da forma de projetar bem como a uniformização das diferentes trocas de informações entre as diferentes especialidades existentes.

As diferentes especialidades ao fazerem uso do BIM passam a ter uma melhor maneira de criar, controlar, e apresentar a informação (Dzambazova, T. [et al.], 2009). Deste modo, com o uso do BIM, pretende-se uma evolução de projeto de forma a possibilitar uma maior uniformização e consequente redução de perdas de informação existentes entre a transição das diferentes fases e especialidades inerentes ao processo construtivo.

Vários tipos de *software* são usados há vários anos pela indústria da construção, quer para produção de peças desenhadas, quer para produção de peças escritas. No entanto o aparecimento do BIM deu origem a uma mudança, em que todos os intervenientes da construção parecem convergir em torno de um só elemento de projeto. Este projeto unificado permite criar de forma virtual um edifício a construir simulando todas as características e tarefas indispensáveis a uma determinada obra. Contudo o conceito de BIM é mais abrangente do que o de *software* BIM e existe toda uma lógica de pensamento e formas de atuar em projeto que precisam de ser consideradas. Com todas as funcionalidades que

existem nos computadores atuais veio a consciência que a adoção com sucesso destes requer mais do que apenas *hardware* e *software*, mas também a consideração de dados, procedimentos e pessoas (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014). Deste modo é imprescindível que os diferentes membros envolvidos num projeto ao utilizarem uma ferramenta BIM, adotem um conjunto de procedimentos e formas de gerir os diferentes dados. Considera-se fundamental o conhecimento e sistematização de um conjunto de procedimentos entre os vários intervenientes de projeto para que determinado projeto considerado se encontre o mais normalizado possível permitindo deste modo uma transição para a forma de utilizar a lógica BIM de modo coerente e vantajoso.

## **1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS**

A presente dissertação foi elaborada no âmbito da unidade curricular “Dissertação em Construções” com vista a obtenção do grau de mestre no ramo de especialização de construções civis do mestrado integrado em engenharia civil da FEUP.

A indústria da AEC tem cada vez mais aderido ao BIM como forma de projetar e comunicar entre si, estando esta comunicação e forma de projetar ainda longe de ser uniformizada e dependente da evolução e aparecimento de ferramentas de trabalho. Deste modo torna-se necessária a exploração da metodologia de implementação dos projetos das diferentes especialidades que recorrem a estas ferramentas. Como base de trabalho das ferramentas BIM encontram-se as suas interfaces, as suas formas de comunicar com outras ferramentas as suas opções visuais bem como os seus requisitos de uso.

Com a indústria AEC a tentar resolver e otimizar problemas de tempo e de custos, torna-se cada vez mais necessário saber o que determinada ferramenta BIM irá proporcionar bem como as suas limitações. A par do conhecimento das suas mais-valias advém também a aprendizagem de utilização das ferramentas BIM existentes necessárias aos diferentes membros das indústrias AEC.

A presente dissertação tem como objetivo a exploração de diferentes ferramentas utilizadas na implementação de um projeto de instalações bem como os procedimentos associados que terão de ser considerados sempre que se pretenda alcançar determinado objetivo recorrendo a estas. Será de extrema importância explorar a aplicabilidade da lógica BIM a um projeto de especialidade como é o caso de instalações, discutindo a razoabilidade de adoção do BIM.

O conjunto de vantagens e limitações existentes atualmente quando se recorre ao BIM constitui um objeto principal de exploração para melhor entendimento do conjunto das particularidades existentes associadas a este. Ao ter presentes todas as vantagens associadas ao BIM e tendo por objetivo a sua aplicação, torna-se necessário a uma entidade o conhecimento de todos os requisitos necessários a ter como ponto de partida para conseguir uma correta e sensata aplicação da lógica BIM. Constitui assim um dos objetivos a exploração dos requisitos prévios fundamentais bem como de procedimentos que uma determinada entidade terá de considerar para que possa fazer o uso mais correto possível da lógica BIM.

## **1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

O BIM constitui um conceito amplo, complexo e que se encontra atualmente associado a grandes mudanças e desenvolvimentos. Estas mudanças e desenvolvimentos encontram-se indissociáveis da adaptabilidade deste conceito por parte da indústria de construção bem como à grande evolução atual

das tecnologias de informação e comunicação. O título “Implementação BIM de um projeto de instalações de um edifício unifamiliar” anuncia um conjunto de termos e desenvolvimentos atuais relativos a esta área específica de projeto. É neste sentido que surge o capítulo 2 “Estado de arte” que pretende a exploração e caracterização dos diferentes conceitos que fazem parte do BIM e que se encontram muitas vezes negligenciados e definidos de forma errónea. No capítulo 2 após uma breve abordagem história relativa à forma de projetar o ambiente construído surge a apresentação de um conjunto de conceitos e definições presentes em todo o desenvolvimento do trabalho e que se encontram intrínsecos à utilização de qualquer ferramenta que faça uso da lógica BIM. O capítulo 2 constitui também uma abordagem às diferentes vantagens e desvantagens associadas à utilização do BIM assim como das ferramentas principais que na atualidade recorrem a esta lógica de projeto. Também no capítulo 2 é realizada uma breve abordagem às instalações no contexto atual da construção, especialidade que estará presente em todos os restantes capítulos.

Após exploração do estado da arte relativo ao BIM é apresentado, no capítulo 3 um caso de estudo considerado para a implementação de um projeto de instalações hidráulicas. O capítulo 3 tem por objetivo apresentar todos os dados de entrada considerados constituindo estes projetos e documentos previamente elaborados pelas respetivas equipas projetistas de especialidade. Este capítulo constitui desta forma um ponto de partida para a implementação do projeto de instalações. O capítulo 3, tendo em consideração uma apresentação da implementação a ser posteriormente efetuada, tem também como objetivo expor a metodologia considerada na implementação BIM do projeto. Refere-se que não existe projeto de aspiração central e que foi implementado aquando a implementação BIM dos projetos de instalações hidráulicas.

O capítulo 4 é relativo à implementação BIM do projeto de instalações, considerado no caso de estudo apresentado no capítulo 3. Ao longo do capítulo 4 são exploradas as diferentes ferramentas utilizadas e mencionadas as conveniências respetivas de utilização. Pretende-se mostrar de forma o mais explicativa possível os principais procedimentos a considerar em situação de implementação do projeto da especialidade de instalações hidráulicas. O capítulo 4 constitui deste modo uma coletânea de procedimentos BIM a considerar para uma correta implementação de um projeto BIM. Neste capítulo não se pretende proceder a quaisquer verificações de cálculo relativas ao projeto previamente exposto no capítulo 3 nem tão-pouco considerar quaisquer tipos de alterações ao projeto original. Demonstra-se no capítulo 4 a implementação de um projeto de instalações previamente elaborado, demonstrando as várias dificuldades existentes e a metodologia de resolução que um projetista terá de considerar sempre que se depare com estas. Embora se tenham encontrado vários procedimentos de resolução de problemas não se consideram que estes sejam vistos de forma absoluta por diferentes projetistas em casos semelhantes uma vez que existem várias metodologias para obtenção dos mesmos resultados.

Considera-se que o capítulo 4 contém uma extensão significativa quando comparado com os restantes, no entanto para não se perder o fio condutor existente entre as várias ferramentas não foi considerada a sua divisão.

O capítulo 5 surge como um balanço da implementação do projeto de instalações previamente considerado. Este capítulo pretende resumir as dificuldades mais notáveis ao longo de todo o processo de implementação do caso de estudo, bem como estabelecer um balanço entre o projeto previamente fornecido e o implementado em BIM, aqui também, procurando evidenciar que na implementação BIM acaba-se por fazer também a revisão de projeto.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões retiradas da implementação do projeto de instalações hidráulicas e aspiração central efetuada. Também neste capítulo são apresentados desenvolvimentos futuros que correspondem a possíveis desenvolvimentos que podem ocorrer futuramente e que a sua

ocorrência permitiria uma melhoria de manuseamento e aplicabilidade dos diferentes tipos de *software* existentes que fazem uso da lógica BIM.

Uma vez que se considera um sentido bastante alargado do conceito BIM, ao longo da presente dissertação é muitas vezes utilizada a palavra ferramenta para designar um *software* específico que trabalhe segundo uma lógica BIM, reforçando desta forma a distinção existente entre BIM e software BIM. Os procedimentos expostos ao longo do caso de estudo que são discutidos ao longo dos capítulos 3, 4, 5 e 6 pretendem mostrar caminhos possíveis a ser considerados em projeto e não são para serem vistos como regras absolutas de trabalho.

# 2

## Estado de Arte

### 2.1. ABORDAGEM HISTÓRICA

A organização, planeamento e visualização do ambiente construído ou a construir não é algo novo nem está unicamente associado ao Building information modeling (BIM). Contudo atualmente o BIM encontra-se associado à resolução dos problemas de espaço, tempo e custos que fazem parte do dia-a-dia da indústria da construção atual.

O uso de plantas, alçados, cortes, perspectivas e até representações a 3 dimensões têm um lugar de destaque sendo usados ao longo da história como metodologia organizativa de um determinado projeto em questão.

As primeiras representações usadas na construção surgiram na Mesopotâmia e antigo Egito, consistiam em plantas usadas como forma de resolver problemas de orientação no local da construção, muitas destas chegaram ao nossos dias através de fragmentos em pedra, papiros e até representações em estátuas. No antigo Egito por exemplo existia a prática de *in situ* após a construção das fundações colocar um revestimento de gesso no solo para depois assinalar todos os elementos construtivos, para que os intervenientes da construção tivessem uma visualização base no plano do solo das características e elementos construtivos do edifício em questão (Jacq, C., 1976). Esta prática foi usada na antiga cidade de Aquetaton, na construção de grandes edifícios públicos. O conhecimento e a caracterização de todos os elementos arquitetónicos desta cidade deve-se em grande parte á existência e leitura desta camada de gesso permitindo facilmente a reconstrução virtual desta (figura 2.1).



Fig. 2.1 – Reconstrução virtual da cidade de Aquetaton (adaptado de <http://www.amarna3d.com/>)

Embora os métodos de representação bidimensional (2D) tenham caído em desuso na época medieval, estes voltaram a ser desenvolvidos após o renascimento, com recurso a plantas, cortes e principalmente perspectivas.

Ao longo da história, maquetes foram também sendo usadas como forma de visualização e planeamento, permitindo deste modo uma representação tridimensional (3D). Usada já desde as antigas civilizações no antigo Egito tinham até um significado religioso sendo muitas vezes usadas como objeto funerário de modo a perpetuar a vida terrena do defunto na vida após morte (figura 2.2).

Já na época renascentista em Florença, durante a construção da catedral de Santa Maria del Fiore, Filippo Brunelleschi teve de elaborar maquetes (figura 2.3) de forma a comunicar com os seus trabalhadores e mecenas (Dzambazova, T. [et al.], 2009). Esta forma de representação teve um dos seus expoentes máximos na Roma barroca quando o Papa Alexandre VII mandou instalar a maquete da cidade na sua residência privada. Esta maquete detalhada permitia acompanhar diretamente a materialização dos seus planos construtivos para a cidade (Toman, R. and Bednorz, A., 1998).



Fig. 2.2 – Maquete de uma casa egípcia (adaptado de Wildung 2012)



Fig. 2.3 – Maquete de Brunelleschi (adaptado de <http://www.architectural-review.com/>)

Os métodos de trabalho em projeto e comunicação entre os participantes no processo construtivo evoluíram muito lentamente desde o renascimento, mantendo-se em muitos casos praticamente inalterados (figura 2.4). O modelo de trabalho tradicional, embora pudesse recorrer à representação 3D com a maquete e prototipagem de alguns elementos, baseava-se fundamentalmente na representação 2D através de pontos, linhas, e arcos que teriam de ser interpretados segundo o olhar atento e experiente de um especialista que mentalmente fazia a associação entre uma linha e o seu significado físico real. Este modelo tradicional culminou no século XIX com o período de revolução industrial, onde se processou à utilização em grande escala de peças desenhadas.





Fig. 2.4 - Escritório de Arquitetura em Paris no séc. XIX (adaptado de <http://www.metmuseum.org/>)

Com o advento das tecnologias da informação nos anos 80 do século XX, deu-se o início da transição para formatos digitais o que outrora era desenhado e escrito em papel. Esta transição começa a ocorrer na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC) em finais dos anos 70 início dos 80 do século XX. O *computer aided design* (CAD) rapidamente conquistou o modo de produzir documentos para a construção. Este processo inovador, hoje tido como tradicional, foi sendo introduzido na construção ao longo do tempo e à medida que ia evoluindo, ia fazendo com que os custos associados ao projeto fossem diminuindo, tornando os projetistas manuais cada vez mais obsoletos (Watson, A., 2011).

A transição para o CAD conduziu a uma passagem do projeto realizado em papel para uma realidade virtual. Tendo associadas vantagens de custos e tempo de projeto, o CAD agilizou a forma de desenhar e potenciou a reutilização de vários elementos de projeto que anteriormente tinham de ser desenhados de raiz ou copiados manualmente. O CAD pode recorrer ao 3D, substituindo a maquete por um modelo virtual, bem como substituindo a representação 2D em papel pela representação 2D em CAD. O CAD necessita de uma leitura interpretativa do projeto em análise, e encontra-se fragmentado em vários documentos, assim poderá ser comparado em vários aspetos à metodologia manual.

O conceito de BIM começou a ser implementado nos finais da década de 80 do séc. XX por sectores especializados da indústria da construção. Setores de tubagens, componentes de betão pré-fabricados, siderurgias rapidamente aperceberam-se dos benefícios de produtividade que advêm de implementar, nos seus modelos 3D, todo um conjunto de informação relativa ao seu desenho e processo construtivo (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014). Assim sendo, o conceito de BIM não é algo novo no entanto apenas na última década é que se assiste a uma escalada mundial de introdução do BIM em projetos das indústrias AEC. Esta escalada mundial do BIM está diretamente relacionada com a grande evolução tecnológica que se faz sentir atualmente e que permite aos computadores um elevado desempenho no processamento de imagem e grandes quantidades de dados que outrora eram impossíveis de serem considerados.

## 2.2. ATUALIDADE DO PLANEAMENTO E A SUA RELAÇÃO COM A LÓGICA BIM

A lógica construtiva atual insere-se na filosofia de pensamento que adveio da segunda metade do século XX, caracterizada pela rapidez construtiva associada ao aparecimento de cada vez mais materiais de construção. No entanto a implementação destes materiais é muitas das vezes realizada sem que estes estejam totalmente caracterizados e estudados ao nível do seu comportamento e desempenho ao longo da vida útil de um edifício. Por vezes verifica-se também que o *Know-how* atual existente numa dada construção revela-se insuficiente, levando a vários problemas construtivos bem como à falta geral de qualidade na construção.

Associado a esta crescente rapidez construtiva, na segunda metade do século XX surge a lógica de *Lean Construction* (Glenn Ballard, L.K., Gregory Howell, Todd Zabelle, 2001). Esta lógica visa obter benefícios de custo, eficiência, produtividade e reduzir ao máximo o desperdício através da aplicação de um conjunto de termos e procedimentos característicos. Um termo característico é a lógica dos 5's (*Sustain, Standardize, Sort, Set in order, Shine*), assim uma construção *lean* será uma construção organizada, normalizada, disciplinada, sustentável.

Aplicando a filosofia *Lean* será possível que as empresas incrementem a eficiência dos seus processos produtivos por meio da redução de tempos, custos, recursos e o consequente aumento dos lucros e produtividade (Arantes, P. and Costa, J.M.d., 2008).

O planeamento atual na construção surge assim como algo fundamental e intrínseco a qualquer projeto. E é caracterizado como um processo de escolha de um vasto leque de opções que se desenvolve antes da execução e que tem por objetivo o sucesso construtivo. O planeamento na construção envolve a consideração de vários fatores tais como tempo, custo, qualidade, saúde, segurança, projeto, construção, ambiente, entre outros (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014).

Cada membro envolvido num projeto, tem associado a si tarefas de planeamento que serão elaboradas à luz de uma de uma lógica organizada e planeada, lógica esta que estará baseada numa das técnicas conhecidas de planeamento podendo estas estarem associadas ou baseadas numa lógica de BIM.

## 2.3. O CONCEITO DE BIM

O conceito de BIM já é aplicado há alguns anos por vários especialistas da indústria AEC contudo ainda não encontrou uma definição que seja unanimemente aceite. O conceito de BIM pode assim ser muitas vezes mal-entendido por ser definido como um conjunto de *software* existente, uma simples abordagem tradicional CAD ou ainda a um simples modelo 3D.

Segundo o comité Americano *National BIM Standard Project*, BIM (*Building Information Modeling*) pode ser definido como uma representação digital das características físicas e funcionais de uma construção. O BIM é uma fonte de informação partilhada de um objeto construído formando uma base sólida para a tomada de decisões durante o seu ciclo de vida existente desde a sua conceção à sua demolição (Standard, N.B., 2015).

Seis características podem ser mencionadas com esta definição para melhor caracterizar o objeto de estudo, assim o BIM é uma representação (Eastman, C.M., 2011):

- Digital;
- Espacialmente representada (3D);
- Quantificável recorrendo a medições;
- Facilmente compreensível;

- Acessível através de uma interface intuitiva;
- Durável ao longo da fase de vida do edificado;

Alguns especialistas defendem ainda que o BIM deve ser a abreviação para *Building Information Management* enquanto outros usam o termo BIM(M) significando *Building Information Modeling and Management* (Sinclair, D., 2012), criando assim uma abrangência do BIM a aspetos de manutenção.

Na figura 2.5 é demonstrada esta abrangência do BIM ao ciclo de vida completo de um edifício estando incluídos aspetos de manutenção e demolição ou reabilitação.

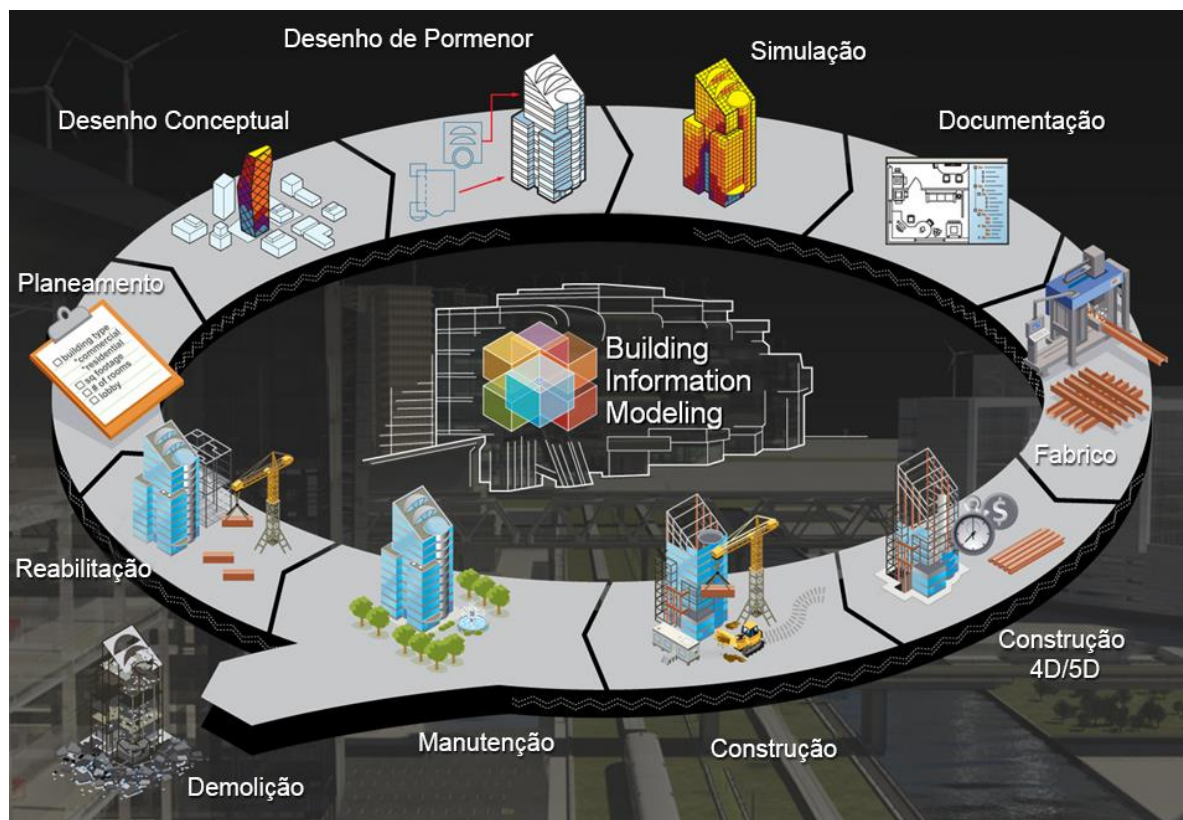


Fig. 2.5 – BIM e a sua abrangência ao ciclo de vida completo de um edifício (adaptado de <http://buildipedia.com/>)

O BIM cria a possibilidade de existir uma representação virtual de um determinado objeto construído, representação esta parametrizada através de objetos e totalmente quantificada de forma a ser possível uma organização e planeamento de várias operações em correspondência com o edificado físico. Ao permitir esta representação virtual, constituindo quase um “espelho” do mundo físico existente, existe a possibilidade dos diferentes intervenientes interagirem com esta realidade virtual, extraindo informações relevantes e submetendo esta realidade virtual a simulações e diferentes formas de visualização.

A ideia de todos os projetos poderem existir de forma única e relacionando-se entre si a partir de apenas uma única realidade virtual onde confluem todas as especialidades é sustentada pelo BIM. Desta forma os vários intervenientes envolvidos nas diferentes fases terão de se adaptar a esta nova realidade usando ferramentas de edição, simulação e comunicação de informação, por forma a conseguirem obter uma unicidade de equipa de trabalho.

Para além da representação digital com todas as suas funcionalidades e propriedades o BIM deve ser observado como uma ideologia construtiva, um modo diferente de encarar um processo construtivo e a interligação das suas diferentes fases. Nesta ótica este conceito tem de ser abordado de uma forma abrangente significando antes de mais um processo lógico de abordagem a um projeto, auxiliado por um conjunto de *software* mas também por pessoas e formas distintas de comunicação e relacionamento entre si. No BIM apesar das formas de comunicação serem distintas consoante as ferramentas a serem utilizadas, considera-se que sejam mutualmente entendíveis e desejavelmente interoperáveis. Deste modo torna-se importante o desenvolvimento de uma linguagem comum a toda a indústria, de forma que esta não se encontre ditada pelas ferramentas de trabalho escolhidas (Architects, B.B., 2013).

## **2.4. DEFINIÇÕES BASE ASSOCIADAS AO BIM**

### **2.4.1. INTRODUÇÃO**

O BIM tem associado a si preconceitos que se manifestam como mal entendidos colocando problemas de comunicação bem como falsas expectativas perante os utilizadores da lógica do BIM. Assim muitos utilizadores tiveram experiências desmotivadoras quando tentaram adotar o BIM uma vez que as suas expectativas e esforços eram baseados em conceitos erróneos e planeamento inadequado (Eastman, C.M., 2011). Torna-se fundamental antes de mais esclarecer à partida algumas definições que normalmente são mal entendidas pelas diferentes partes.

### **2.4.2. OBJETOS PARAMÉTRICOS**

O primeiro conceito a ter em atenção quando se fala de BIM é o de objetos paramétricos, sem estes objetos o conceito de BIM não poderá existir. É necessário que o modelo 3D seja constituído por um conjunto articulado de objetos paramétricos para que possa ser considerado um modelo BIM e não apenas um modelo 3D.

Um objeto é considerado paramétrico se e só se reunir um conjunto de características globais, que fundamentalmente se baseiam em informação geométrica associada a dados e regras específicas.

A primeira destas características será a de apresentar a geometria no espaço tridimensional sem redundâncias associadas e sem inconsistências. Um modelo no espaço 3D nunca poderá ser formado por um conjunto de vistas 2D dispostas espacialmente nem sequer conter erros dimensionais (Eastman, C.M., 2011).

Outra característica são as regras paramétricas associadas a cada objeto. Cada objeto ao ser inserido no modelo do edifício ou quando mudanças são feitas em objetos associados, estes automaticamente modificam as suas geometrias (Eastman, C.M., 2011). Por exemplo quando se insere um lavatório este automaticamente fixa-se à parede, bem como quando se coloca uma janela esta adapta-se à parede.

Característica central, são os níveis de agregação, assim define-se o objeto e os seus componentes, que podem ser organizados segundo níveis hierárquicos (Eastman, C.M., 2011). Desta forma ao fazer uma alteração a qualquer objeto os restantes irão seguir essa alteração, por exemplo ao alterar o pé-direito, baixando a cota da laje as paredes automaticamente irão reduzir a sua altura.

Relativamente as alterações de objetos surge outra característica na qual um objeto quando submetido a uma determinada alteração apresenta um erro por esta alteração violar a natureza deste

objeto em relação a vários fatores (Eastman, C.M., 2011). Como exemplo a alteração de tamanho de uma janela *standard* associada a uma determinada marca, para uma dimensão não produzida em fábrica fará com que esta alteração de objeto seja capaz de produzir um erro de forma a avisar o projetista que não é possível de ser feita.

Finalmente a última característica dos objetos paramétricos é o facto de estes serem capazes de receber, exportar e ligar entre si e a outras aplicações, uma série de atributos que poderão ser materiais, dados energéticos, acústicos, entre outros (Eastman, C.M., 2011).

Assim a modelação paramétrica é a essência de uma aplicação completa do BIM, permitindo implementar pequenas alterações no modelo 3D, sempre que necessário durante o processo de coordenação interdisciplinar (Czmoch, I. and Pekala, A., 2014).

#### 2.4.3. INTEROPERABILIDADE

Nas tecnologias da informação e comunicação interoperabilidade pode ser definida como a capacidade de gerir, trocar e comunicar produtos e informação eletrónica por via computacional, sendo que esta troca de informação pode tratar-se de dados de projeto entre empresas ou profissionais (Pinho, S.M.F.d., 2013).

Um projeto que esteja em desenvolvimento recorrendo ao BIM pode ter duas formas diferentes de colaboração entre a equipa de projeto. Na primeira abordagem toda a equipa permanece com apenas um *software* comum ao passo que na segunda abordagem a equipa usa diferentes tipos de *software*. Seguindo a primeira abordagem esta possibilitará uma maior coordenação entre especialidades, exemplo disso uma alteração na arquitetura vai gerar alterações no projeto de estruturas (Eastman, C.M., 2011).

A forma mais corrente é que as diferentes especialidades usam diferentes tipos de *software*. Cada uma tem formas de trabalho diferentes e *software* mais adaptados que consequentemente são mais usados para a sua especialidade.

As ferramentas BIM que servem a indústria AEC cobrem várias especialidades e têm diferentes formas de tratar dados de modo a que a representação do modelo virtual se adapte a cada especialidade em particular (Venugopal, M. [et al.], 2012). Assim surge a obrigatoriedade de uma linguagem comum *standard* para que todos os intervenientes no projeto possam comunicar entre si.

Se não fosse desta forma implicaria que cada entidade, ao receber um projeto num formato que não fosse o associado ao seu *software* BIM, teria de estar a redesenhar toda a geometria das especialidades a montante o que levaria a um enorme desperdício de tempo e custos associados.

Uma das principais causas de desperdício em projeto centra-se na falta de coordenação e comunicação entre os vários elementos associados. A preocupação fulcral à partida será a de definir a forma como a interoperabilidade entre ficheiros será efetuada. Desta maneira a interoperabilidade surge como um ponto crucial da comunicação de informação em ambiente BIM.

Até meados da década de 1980 a troca de dados entre as diferentes especialidades era possibilitada através de vários formatos que estabeleciam a troca de formas e geometria como é o caso do DXF (Eastman, C.M., 2011).

Curiosamente foi com o desenvolvimento dos *mechanical, electrical and plumbing* (MEP) que estes ficheiros tornaram-se obsoletos, uma vez que tinham geometria, atributos e relações complexas entre si. Por forma a ultrapassar estas dificuldades a *International Standards Organization* (ISO) iniciou um *standard* denominado standard for the exchange of product model Data (STEP). Um dos principais produtos do ISO-STEP foi a linguagem EXPRESS (Eastman, C.M., 2011).

Os dois principais produtos que usam linguagem EXPRESS são o *Industry foundation classes* (IFC) e o *CIMsteel Integration Standard Version 2* (CIS/2), sendo o IFC o que se adequa á indústria da construção.

O IFC foi desenvolvido por uma organização fundada em 1995 com o nome de *International Alliance for Interoperability* que em 2006 evoluiu para *BuildingSMART Alliance* (Pinho, S.M.F.d., 2013). Esta organização lançou o IFC 1.0 em 1997 que desde então foi apresentando vários lançamentos até culminar em 2013 com o IFC 4.

O IFC constitui um formato aberto que permite a captura e troca de geometria, informações e relações associadas aos objetos existentes no modelo BIM. Cada utilizador ao recorrer a este formato pode trocar objetos entre diferentes tipos de *software* de modo a atingir um grau de comunicação que se torna essencial ao uso do BIM.

#### 2.4.4. NÍVEIS DE MATURIDADE DO BIM

Tendo em atenção os diferentes tipos de forma de trabalho e troca de informação é possível distinguir 4 níveis de maturidade do BIM que vão do 0 ao 3 e que não deverão ser confundidos com os níveis de desenvolvimento LOD.

Os níveis de maturidade distinguem-se pelo tipo de informação contida, da ideologia de trabalho e da colaboração. A interoperabilidade apresenta-se crescente à medida que o nível de maturidade cresce e sendo cada vez mais informação acrescentada de nível para nível não se perdendo a informação dos níveis anteriores, cada nível obedecendo às suas normas específicas (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014).

O esforço requerido de passagem entre os níveis aumenta drasticamente de nível para nível pois os dados de entrada tornam-se cada vez mais específicos e são necessárias uma colaboração e transparência cada vez maiores entre as várias equipas de trabalho (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014).

É possível assim definir o nível 0 referindo-se à abordagem tradicional CAD caracterizada pela representação 2D e partilhada quer através de texto quer de formatos 2D (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014).

Este nível 0 caracteriza-se pela inexistência do BIM e os processos CAD são implementados de forma individual consoante o projeto de especialidade em questão e sem qualquer vista a colaboração entre ficheiros. No nível 0 os objetos são apenas representados em 2D através de linhas, pontos, texto sem qualquer significado virtual a não ser o interpretado por quem faz a leitura dos ficheiros.

O nível 1 distingue-se pelo uso de plataformas 2D bem como 3D em que existe uma ferramenta de colaboração com um ambiente de dados comum e com modos de trabalho *standard* (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014). No nível 1 cada projeto de especialidade é executado em 2D tendo por base o uso do 3D para desenhos de esboço ou de interpretação o 2D é usado para documentos oficiais e poderá usar normas *standard* como é o caso da BS 1192:2007. Neste nível não existe colaboração entre as diferentes especialidades, existindo apenas colaboração em ambiente de dados comum dentro de cada especialidade.

O nível 2 é onde a metodologia do BIM é ancorada, caracterizada pela informação em 3D associada a diferentes tipos de *software* BIM, estando no entanto esta informação dispersa por vários modelos (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014). Ao trabalhar neste nível os diferentes colaboradores de

projeto têm diferentes modelos BIM, cada um, referente à sua especialidade comunicando entre si mas nunca através do mesmo ficheiro BIM.

O nível mais elevado de maturidade é o 3 sendo distinguido por atingir uma completa interoperabilidade através do modelo IFC e recurso a uma ideologia de trabalho colaborativo entre os diferentes membros. No nível 3 cada membro adiciona o seu trabalho ao modelo base, modelo este que tem sempre a última e mais atualizada informação disponível para todos os elementos. Neste nível em que o BIM surge de uma forma completamente integrada passa a ser nomeado de *intelligent building information modeling* (iBIM) (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014). O nível 3 é denominado por iBIM, BIM inteligente uma vez que neste é atingido uma completa coordenação entre projetos permitindo lançar a ideologia BIM de forma eficiente para o completo ciclo de vida do edifício.

Apesar de o nível 3 ser o nível preferencial de trabalho uma vez que permite esta integração completa entre as diferentes especialidades ainda é pouco usado por parte da indústria AEC (Czmoch, I. and Pekala, A., 2014). A figura 2.6 representa os vários níveis associados ao BIM com a correspondência aos diferentes conceitos que os compõe.

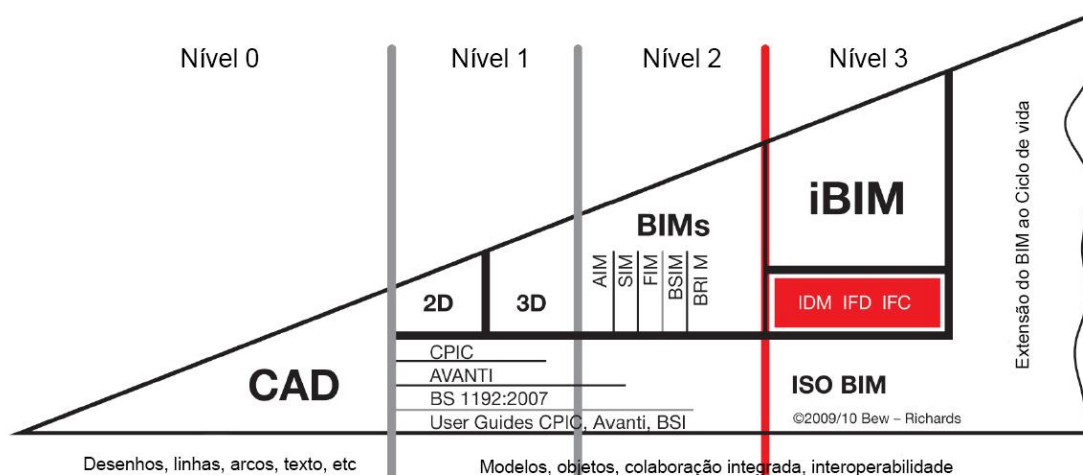


Fig. 2.6 – Diferentes níveis de maturidade BIM (adaptado de Bew Richards, 2009/10)

#### 2.4.5. NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO LOD

O *level of development* (LOD) é um conceito introduzido por o *American Institute of Architects* (AIA) e é definido como nível de desenvolvimento associado a cada modelo. Através do LOD é possível definir o grau de confiança na informação representada permitindo aos vários intervenientes no projeto conhecer a parte da informação que naquele modelo podem ter como certa bem como a informação que terão de à partida descartar.

Os vários níveis de desenvolvimento surgem da necessidade de no BIM se ter de definir obrigatoriamente à partida objetos paramétricos, mesmo nas fases mais iniciais e conceptuais de um projeto, estando estes objetos parametrizados e completamente definidos.






Um modelo BIM, na sua natureza, implica a definição de quantidades exatas, quer estas sejam realmente para serem interpretadas como exatas ou não, isto é sublinhado pelo facto de no ambiente BIM vários elementos parecerem idênticos independentemente de um componente ser colocado de forma exata ou aproximada (Wood, J. [et al.], 2014).



Necessita-se de vários níveis indicativos do rigor representado pelos diferentes LOD (figura 2.7) de modo a não ocorrerem erros de interpretação quando se observam determinados elementos no BIM, permitindo uma maior transparência de informação e credibilidade.

A nomenclatura LOD pode também significar nível de detalhe (*Level Of Detail*) referindo-se no entanto a uma definição completamente diferente, sendo associada ao número de detalhes que estão incluídos nos elementos do modelo e não ao seu nível de exatidão (Latiffi, A.A. [et al.], 2014). Como demonstrado na figura 2.7 um determinado objeto pode ter um nível de detalhe bastante elevado, como é o caso da primeira cadeira representada (modelo conceptual) que apresenta um número de detalhes bastante elevados e bem representados. No entanto esta cadeira tem um nível LOD de 100 que corresponde á classificação LOD mais baixa. Os conceitos de nível de desenvolvimento e nível de detalhe são assim independentes entre si, estando associados á mesma abreviatura (LOD).

### Níveis de desenvolvimento

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Conceptual	Projecto	Produção de documentos	Construção	Manutenção
<b>Descrição:</b> Cadeira de escritório LOD: 100	<b>Descrição:</b> Cadeira de escritório LOD: 200 Largura: 70 cm Profundidade: 45 cm Altura: 110 cm	<b>Descrição:</b> Cadeira de escritório, apoio de braço, rodízios LOD: 300 Largura: 70 cm Profundidade: 45 cm Altura: 110 cm	<b>Descrição:</b> Cadeira de escritório, apoio de braço, rodízios LOD: 400 Largura: 70 cm Profundidade: 45 cm Altura: 110 cm Fabricante: Herman Miller, Inc Modelo: Mirra	<b>Descrição:</b> Cadeira de escritório, apoio de braço, rodízios LOD: 500 Largura: 70 cm Profundidade: 45 cm Altura: 110 cm Fabricante: Herman Miller, Inc Modelo: Mirra Data de compra: 15/05/2015

practicalBIM.net © 2013

Figura 2.7 – Níveis de desenvolvimento LOD (adaptado de <http://practicalbim.blogspot.pt/>)

Existem fundamentalmente 5 níveis de desenvolvimento tal como demonstrado na figura 2.7 o LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400 e LOD 500 sendo sempre associado um esforço crescente de modelação medida que se passa de um LOD menor para um mais elevado.

LOD 100 refere-se ao nível mais baixo, sendo que aqui não existem preocupações em definir a geometria e a localização de elementos é feita sem precisão, é assim um nível conceptual sendo a sua informação apenas usada para estudos de viabilidade.



LOD 200 é o nível no qual os modelos são representados como sistemas genéricos com a definição de quantidades, tamanhos, formas, localizações bem como orientação (Latiffi, A.A. [et al.], 2014).

LOD 300 corresponde ao nível no qual informação é acrescentada ao modelo, indicando propriedades deste. Neste nível a geometria e quantidades devem estar devidamente definidas de forma precisa e detalhada.

LOD 400 é o nível de detalhe que possibilita a produção de documentos a partir do trabalho efetuado em BIM uma vez que aqui a informação terá de ser precisa e detalhada, acrescentando a este detalhe de informação todo o detalhe de quantidades e geometria existentes no LOD 300.

LOD 500 é o que implementa uma completa e detalhada representação de todas as características e propriedades reais, sendo assim este o nível indicado para efeitos de manutenção. No LOD 500 são assim também acrescentados quaisquer dispositivos necessários à manutenção como é o caso dos vários tipos de sensores existentes.

Embora a AIA tenha criado este conceito, não criou qualquer informação específica de como aplicar os diferentes LOD, isto foi resolvido com o *BIM Forum* (<https://bimforum.org>) que desenvolveu as especificações associadas a cada LOD (Wood, J. [et al.], 2014).

Refere-se que existe ainda uma especificação para o LOD 350 usado para estabelecer coordenação entre as várias especialidades como no caso de deteção de conflitos (Latiffi, A.A. [et al.], 2014).

#### 2.4.6. DIMENSÕES DO BIM

Através da informação contida num dado modelo BIM podemos encontrar várias dimensões além da usual tridimensional 3D.

Atualmente são aceites a existência de 6 a 7 dimensões variando consoante o autor sendo que estas permitem, cada uma delas, o acesso a funcionalidades diferentes.

A dimensão 3D refere-se ao espaço tridimensional de objetos criados, as suas funcionalidades são a visualização do modelo, a deteção de conflitos, a prototipagem bem como a simulação geométrica dos elementos pré-fabricados.

A quarta dimensão 4D representada na figura 2.8, por vezes definida como planeamento 4D refere-se ao fator tempo permitindo o planeamento da construção.

Nesta dimensão em oposição às formas gráficas tradicionais o planeamento 4D permite a simulação da construção por fases bem como uma avaliação base de alternativas ao cronograma da obra (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014). Usando o 4D requer a existência de um *link* entre o cronograma da obra e o modelo 3D e pode assim produzir a informação gráfica do desenvolvimento da obra dia após dia, adicionando o benefício de incluir todos os objetos temporários da construção (Eastman, C.M., 2011).



Fig. 2.8 – Software Navisworks apresentando o faseamento construtivo bem como o planeamento das tarefas (adaptado de <http://www.mrasbuilt.com/>)

A quinta dimensão 5D refere-se aos custos, sendo possível através desta fazer estimativas de custo em tempo real bem como gerar listas precisas com quantidades e custos associados. Com o BIM 5D pode-se facilmente comparar o tempo de execução e os custos totais de várias alternativas em termos de materiais e tecnologia, o que pode promover a otimização do custo total de investimento (Czmoch, I. and Pekala, A., 2014).

A sexta dimensão 6D difere consoante o autor considere a existência de uma sétima dimensão ou não, no entanto considerando a existência de 7 dimensões o 6D diz respeito à sustentabilidade, tendo como funcionalidades análises energéticas, análises estas que normalmente dizem respeito a consumos energéticos.

A sétima dimensão 7D diz respeito à manutenção de edifícios. Nesta dimensão a base de dados deverá ser estendida com informação detalhada para cada elemento, acabamento e equipamento específicos. Informações como tipo de item, a sua especificação, a data da próxima manutenção e problemas detetados constituem informação relevante para facilmente localizar o item a ser reparado ou intervencionado (Czmoch, I. and Pekala, A., 2014). Nesta dimensão serão considerados também quaisquer tipos de sensores que auxiliem o processo de manutenção.

## 2.5. VANTAGENS DO BIM

O BIM como forma de trabalho inovadora traz consigo todo um conjunto de vantagens. No entanto quando se fala em vantagens do BIM tem que se ter sempre em conta qual o nível de maturidade deste e em alguns casos qual o nível de detalhe LOD associado uma vez que as vantagens dependerão sempre do tipo de trabalho executado previamente em BIM.

As vantagens de utilização da lógica BIM são:

- Trabalho de todas as especialidades recorrendo a apenas um modelo simultaneamente;
- Criação de plantas, cortes, alçados a partir do modelo 3D;
- Criação de documentos de quantidades;
- Realização de vários tipos de simulações;
- Melhoria de segurança em obra;
- Extração de projeto para fabrico de componentes específicos;
- Detecção de erros e omissões;
- Melhoria da qualidade e performance do edifício;
- Menores custos na compra de um edifício;
- Maior controlo do custo global do edifício;
- Auxílio em processos de manutenção, descontaminação e desconstrução ou reabilitação;

Falando inicialmente das vantagens para os elementos que fazem uso desta lógica de BIM em projeto, no seu nível 3 de maturidade é implícito o trabalho de todos os intervenientes recorrendo a um só modelo, ora isto traz consigo inúmeras vantagens e possibilita a todos os intervenientes uma melhor resolução de problemas ao longo do trabalho de projeto.

Ao ter todos os membros a contribuir para o mesmo modelo, o trabalho passa a coexistir simultaneamente entre todas as especialidades de projeto. Assim o trabalho do projeto de arquitetura é feito a par com o projeto de estruturas bem como o trabalho de MEP ou de qualquer outra especialidade. A vantagem aqui é perceptível através da relação de trabalho entre os vários membros, deste modo se o arquiteto acrescentar uma porta numa parede onde antes não existia o engenheiro projetista dos MEP ao verificar que uma tubagem passa naquela zona altera imediatamente a localização desta, obrigando por exemplo a alteração da sua cota para cima da porta. Este tipo de lógica de trabalho simultâneo possibilita também uma maior rapidez em fase de projeto bem como uma contínua e simultânea revisão do trabalho elaborado pelas diferentes especialidades que assim ao longo do projeto conseguem encontrar incompatibilidades entre estas e impedir que as mesmas se arrastem para a fase de execução. Esta lógica é muito mais efetiva a nível de custos do que esperar até que o projeto esteja quase concluído para aplicar o valor da engenharia apenas depois das grandes decisões já terem sido tomadas (Eastman, C.M., 2011).

Outra vantagem que também está associada ao conceito de BIM é o facto de em qualquer fase do projeto, através do modelo 3D, esta dimensão poder ser usada para criação dos documentos 2D usados tradicionalmente pela indústria da construção. A partir do modelo 3D cada um dos membros pode criar documentos a ser usados em obra, documentos estes que podem ser plantas, cortes, alçados e ainda desenhos de pormenor. Além de documentos desenhados é também possível gerar documentos quantitativos em relação a cada especialidade associada ao BIM.

O uso do BIM permite, ainda, várias simulações que poderão ser feitas de forma a analisar o desempenho dos vários projetos de especialidade bem como do edifício no seu conjunto global.

Segundo a obra de Baldwin e Bordoli (Baldwin, A.N. and Bordoli, D., 2014), os autores acrescentam a todas estas vantagens do BIM dois pontos de vista muito importantes que são o ponto de vista do empreiteiro e subempreiteiro bem como a perspetiva do cliente.

Na perspetiva do empreiteiro e subempreiteiro a utilização do BIM traz consigo uma melhoria dos procedimentos de segurança em obra uma vez que a obra pode ser planeada com recurso à dimensão tempo. Sendo possível o faseamento construtivo e assim implementar no modelo as medidas de segurança a serem usadas em obra. Outra vantagem associada ao empreiteiro está na extração do modelo de projeto associado à fabricação de componentes específicos, bem como a identificação e resolução de erros no projeto e também omissões antes do início da fase de execução.

Já na perspetiva do cliente as vantagens apontadas pelo uso do BIM estão, como seria de esperar, centradas na futura utilização do edificado, sendo a qualidade construtiva, a performance do edifício e o custo mais baixo em relação às metodologias tradicionais aqueles que ocupam um lugar de destaque. Com o uso do BIM o cliente passa a beneficiar de um conjunto de propriedades do edifício que são previamente estudadas. Um exemplo destas é o estudo da luz solar incidente, que poderá trazer benefícios a nível de conforto interior do edifício. Outro caso que potencia uma melhoria nas condições de habitabilidade e conforto são as simulações de ventilação usadas recorrendo ao BIM, o cliente passa assim a beneficiar de um melhor dimensionamento impulsionado por estas.

Relativamente ao dono de obra este ainda poderá beneficiar com o BIM numa fase inicial ao saber se um determinado projeto está ou não significativamente acima do orçamento (Eastman, C.M., 2011).

Não será de menosprezar o efeito que o uso do BIM terá ao longo da vida útil do edificado em relação à manutenção e operações de reabilitação ao longo da sua história.

Em termos de reabilitação ou pequenas reparações ao longo da vida do edifício o facto de existir um modelo BIM associado a este torna o trabalho de reparações e eventuais correções de anomalias muito mais facilitado, uma vez que a caracterização construtiva do edifício está totalmente detalhada e caracterizada segundo os diferentes projetos de especialidade.

Outra vantagem no uso de um BIM atualizado ao longo do ciclo de vida de um edifício está nos processos de descontaminação e desconstrução. O uso do BIM pode levar à redução dos riscos financeiros através de um processo de cálculo de custos, organização de resíduos, prazos e dados otimizando assim o processo de desconstrução (Volk, R. [et al.], 2014). Nesta abrangência do BIM a todo o ciclo de vida de um edifício estará implícito um processo de acréscimo de informações ao longo do ciclo de vida deste. Informações relevantes como a história da sua ocupação, informação detalhada e atualizada sobre produtos e materiais perigosos, existência de componentes elétricos e mecânicos bem como a sua história (Volk, R. [et al.], 2014), ou ainda outras informações que poderão ser relevantes para levar a cabo a desconstrução ou reabilitação.

## 2.6. DESVANTAGENS E LIMITAÇÕES

Listam-se seguidamente as desvantagens do uso do BIM sendo explicadas posteriormente cada uma delas com maior detalhe:

- Elevados custos de *software*;
- Elevados custos de formação de projetistas;
- Dificil interoperabilidade;
- Esforço associado ao acréscimo de informações relevantes ao longo da vida útil;

- Lentidão de trabalho e visualização associado ao *hardware* usado;
- Nível de detalhe em BIM bastante exigente;
- Terminologia própria e particular do BIM;
- Falta de legislação;

Uma das principais desvantagens centra-se nos custos associados ao uso do BIM, custos estes quer a nível de *software* quer a nível de formação de projetistas para o uso deste. Os principais e mais usados tipos de *software* existentes no mercado do BIM são pagos e têm quase sempre subscrição anual. O custo de alguns milhares de euros anuais associado ao conhecimento específico requerido pelo BIM, no contexto atual, assume um peso monetário e de formação bastante elevado que apenas algumas empresas podem suportar.

Uma das principais limitações relativas ao uso do BIM é a difícil interoperabilidade associada a este, isto é bastante notório quando existem preferências de *software* pelas diferentes especialidades. Assim a arquitetura e cada uma das outras especialidades de projeto estão a usar tipos de *software* completamente diferentes, sendo que ao longo e no final do processo pretendem juntar estes modelos num só e muitas vezes se tudo não for bem estudado antes aqui aparecem grandes problemas de comunicação.

Uma grande limitação existente no BIM encontra-se quando se considera o seu uso para o ciclo de vida completo incluindo a vida útil do edifício. Para que se possa ir acrescentando informação relevante que simplifique processos de reabilitação ou desconstrução é necessário a existência de alguém especializado, com o *software* disponível para edição e existir um responsável por esta tarefa (Dankers, M. [et al.], 2014).

Uma outra limitação geralmente ignorada, prende-se com o tipo de *hardware* usado numa determinada indústria e a relação deste para com o software BIM, ora considerando o BIM como uma lógica construtiva e não como um modelo será necessário considerar o tipo de suporte físico no qual o modelo virtual se apoia. Qualquer *software* BIM faz um uso extensivo do computador no qual está instalado, sendo assim necessário que os intervenientes do BIM estejam dotados de computadores com boas especificações para uso do *software*. Pode acontecer é que um excelente *software* a ser executado num computador com poucos requisitos dê origem a bloqueios, e lentidão de resposta, o que consumirá tempo e terá os respetivos custos associados. Associada também a esta limitação está a lentidão de visualização em tempo real de modelos de grande escala em *software* BIM. Este tipo de visualização é bastante usado em reuniões sendo que na existência de lentidão os vários projetistas dividem o seu modelo em diferentes submodelos o que introduz trabalho de modelação adicional bem como revisões de projeto de forma dividida (Johansson, M. [et al.], 2015) .

Uma outra desvantagem do uso do BIM pode ocorrer quando o seu nível de detalhe está nos 100%. Neste caso o constitui uma vantagem pode-se tornar em uma desvantagem. Com o projeto a ter um nível de detalhe muito elevado mesmo os mais pequenos erros na modelação de parâmetros de objetos bem como na hierarquia de elementos pode levar a grandes erros e complicações a nível de projeto, sendo assim necessário um conjunto de membros experientes de modo a implementar o BIM de forma adequada (Czmoch, I. and Pekala, A., 2014). Como exemplo pode-se pensar no caso de um grelha de exaustão de ar que numa fase inicial, pela falta de pormenorização existente, seja associada a uma subcategoria genérica. Esta como o desenvolvimento do projeto e eventuais usos de simulações, poderá não estar associada á extração o ar induzindo assim nos resultados um erro sistemático.

Outra limitação associada ao BIM prende-se com o facto da sua terminologia poder entrar em contradição com a usada nos processos tradicionais de CAD. O BIM requer a familiarização com um conjunto de expressões, frases, nomenclaturas e jargão que é desconhecido a profissionais que trabalham

com o CAD. Assim durante o período de transição pode haver diferentes interpretações e ainda enganos entre os diferentes trabalhos e projeto (Czmoch, I. and Pekala, A., 2014).

A falta de legislação é também uma limitação, uma vez que hoje em dia não existe regulamentação relativamente à aplicação do BIM. Assim podem existir conflitos entre os vários intervenientes das diferentes fases podendo provocar atrasos na construção e os consequentes custos associados (Czmoch, I. and Pekala, A., 2014).

## **2.7. PRINCIPAIS FERRAMENTAS BIM EXISTENTES NO MERCADO**

As principais ferramentas BIM hoje em dia usadas são baseadas em *software* específico bem como *add-ons* associados e constituem um investimento importante para uma equipa de projeto que faça uso corrente destes. Uma empresa ao comprar uma determinada ferramenta BIM estará a comprar o produto, as suas evoluções futuras bem como o sistema de suporte com o qual pelo menos uma pessoa na empresa estará encarregada da sua utilização e manutenção (Eastman, C.M., 2011).

As principais ferramentas BIM atuais derivam dos principais vendedores dos tradicionais *software* CAD sendo o mercado focado em dois principais, a Autodesk (<http://www.autodesk.com/>) e a Bentley Systems (<http://www.bentley.com>). Outro vendedor de *software* que poderia ser colocado ao lado destes principais é a Graphisoft (<http://www.graphisoft.com>) com o ArchiCAD, que embora seja reconhecido por ser o primeiro *software* a ser realmente considerado BIM, apresenta falta de força fora da sua área principal que é a arquitetura. De forma similar a esta falta de força fora da sua área está o *software* Tekla Structures (<http://www.tekla.com/>) que se encontra limitada às áreas estruturais (Watson, A., 2011).

O Revit (<http://www.autodesk.com/products/revit-family/overview>) é um *software* da empresa Autodesk, foi lançado em 2002 e atualmente inclui o Revit Architecture, Revit Structure e o Revit MEP. O Revit além de uma extensa biblioteca de objetos, possui interfaces para análises estruturais bem como simulações energéticas tendo à sua disposição um conjunto extenso de formatos para exportação e importação. A Bentley Systems oferece uma ampla variedade de produtos associados aos vários ramos da indústria AEC. Integrados com o *software* Bentley Architecture estão: Bentley Structural, Bentley Building Mechanical Systems, Bentley Building Electrical Systems, Bentley Facilities, Bentley PowerCivil (para planeamento de obras), e Bentley Generative Components. Devido ao desenvolvimento de várias aplicações da Bentley Systems algumas são incompatíveis entre si, assim será necessário muitas vezes a conversão de formatos de uma aplicação para outra. Interfaces com aplicações externas da Bentley Systems inclui aplicações de gestão como é o Primavera, bem como aplicações para análise estrutural. ArchiCAD sendo amplamente usado pela especialidade de arquitetura, suporta um amplo leque de interfaces diretas com outras aplicações de modelação, animação, energia e sustentabilidade tendo também ao seu dispor o uso de uma ampla biblioteca de objetos. Relativamente ao Tekla Structures sendo direcionado à área das estruturas incorpora vários tipos de materiais estruturais bem como detalhes associados a estes suportando modelos com tamanho considerável (Eastman, C.M., 2011).

## **2.8. INSTALAÇÕES NO CONTEXTO ATUAL DA CONSTRUÇÃO**

A preocupação de dotar os edifícios de instalações não é um conceito recente, sendo que várias civilizações da antiguidade apresentaram várias soluções construtivas de implementação de abastecimento de águas e drenagem de águas. Tendo estas instalações básicas ficado à margem

construtiva durante a idade média, foram resgatadas na sua maior parte durante o século XIX. No século XIX também foi acrescentada à noção de instalações a parte elétrica de um edifício, ficando assim as instalações caracterizadas.

No século XX ocorreu um período de desenvolvimento intensivo no campo da mecânica, eletrotécnica bem como no campo da automação e isto trouxe uma amplificação ao significado de instalações em edifícios que não existia antes. Assim, atualmente diferentes autores divergem a sua opinião relativa à lista que compõe os diferentes campos das instalações, no entanto de forma geral podemos listar as instalações mais comuns referidas por (Fernandes, R.A., 2012):

- Instalações de abastecimento de água, quente e fria;
- Instalações de drenagem águas residuais domésticas e pluviais;
- Instalações elétricas;
- Instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado;
- Instalações de gás;
- Instalações de energias renováveis;
- Instalações telefónicas e de telecomunicações;
- Instalações eletromecânicas de transporte;
- Instalações de segurança contra incêndio;
- Instalações de automação predial.

Estas instalações ao fazerem parte de um edifício acrescentam valor patrimonial, uma vez que sendo bem dimensionadas e conscientemente aplicadas permitem uma melhoria das condições de habitabilidade ao aumentar a funcionalidade e conforto do edifício.

Constituindo as instalações um leque tão grande e ao mesmo tempo especializado é fundamental o seu correto planeamento e implementação pois estas irão ter um elevado peso monetário no custo total de uma obra.

Atualmente a maior parte dos projetistas da indústria AEC recorrem a processos tradicionais CAD como forma de representação dos seus projetos *mechanical, electrical, and plumbing* (MEP), sendo que no mercado existe ainda *software* como é o caso do CYPE (<http://www.cype.pt/>) que já permite uma representação tridimensional a partir do desenhado em planta, no entanto de forma bastante esquemática. Além disso certas instalações como é o caso de redes de retorno surgem muitas vezes omissas em parte da representação 2D, uma vez que se subentende o seu traçado ao longo da rede de abastecimento de água quente, traçado este que será materializado em obra por um operário da construção.

Sendo que grande parte das instalações irão apresentar intersecções entre si e com outros elementos construtivos, que serão inválidas, e que estas só serão detetadas com a obra já em andamento, e sendo que partes do traçado de instalações só serão resolvidas em obra por operários da construção, revela-se fundamental o estudo de técnicas e ferramentas destinadas a evitar a todo o custo a deteção tardia destas incompatibilidades e tentar economizar percursos que aparecem omissos na representação 2D.

Com o uso do BIM e através da interoperabilidade entre projetos pode-se conjugar e simular a implementação de diferentes soluções para um projeto de MEP. Assim à medida que se encontram incompatibilidades estas serão resolvidas bem como há medida que o projeto decorre vão sendo efetuadas iterações de traçado para assim chegar à solução mais adequada.

Um exemplo de aplicação de MEP em BIM de grandes dimensões ocorreu durante a construção do arranha-céus *One Island East* em Hong Kong (figura 2.9), exemplo este que é relatado por (Brandon, P.S. [et al.], 2008) na sua obra *Virtual Futures for Design, Construction and Procurement*. Neste edifício o maior esforço do modelo BIM foi devido aos elementos MEP. Estes uma vez desenhados foram sendo alterados através de várias iterações possibilitando assim uma qualidade de projeto cada vez maior. Neste caso de estudo cada vez que se levantava um problema, uma solução era encontrada no espaço de poucos minutos, assim o BIM constituiu um instrumento da maior importância na modelação precisa dos MEP.

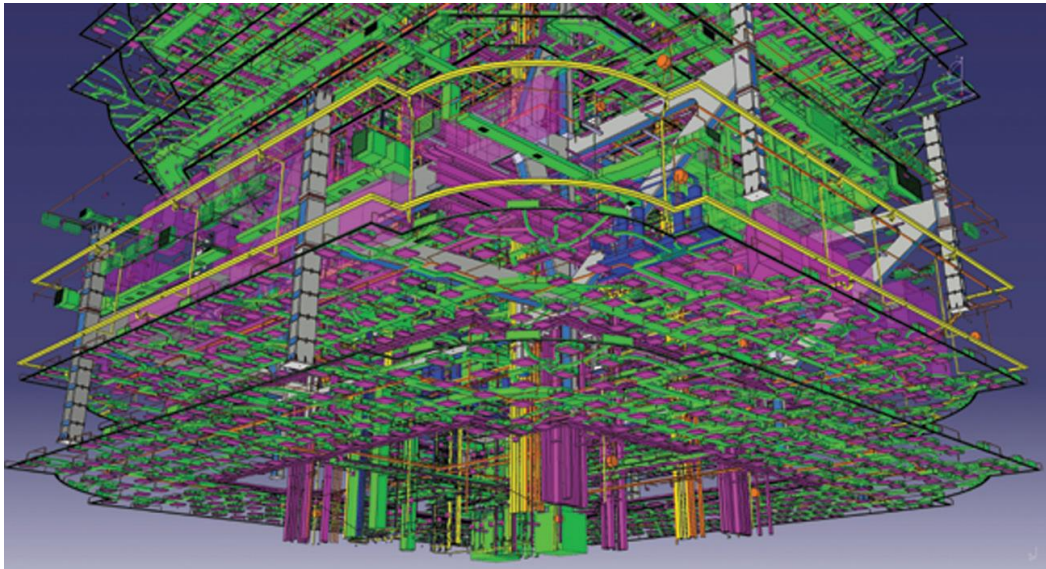


Fig. 2.9 – Modelo parcial do MEP usado no One Island East (adaptado de Brandon, 2008)



# 3

## Estudo de Caso

### 3.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Após uma breve revisão bibliográfica sobre os conceitos associados ao BIM, as suas vantagens e desvantagens bem como a sua aplicação em projetos MEP pretende-se implementar esta lógica de abordagem de projeto que é possibilitada pelo BIM num caso de estudo real. Esta lógica será assim implementada a um conjunto de instalações de um edifício, recorrendo à conjugação dos conceitos previamente expostos com auxílio de uma ferramenta BIM para modelação.

Sabendo que o projeto dos MEP num edifício se pode revelar fundamental quer na resolução de incompatibilidades, quer na otimização da qualidade do projeto pretende-se levar a cabo um caso de estudo com o intuito de testar a aplicação desta otimização construtiva que se levanta com a adoção da lógica BIM. Discutindo posteriormente todos os aspetos positivos e negativos que se levantam com a adoção desta forma de trabalho.

### 3.2. DESCRIÇÃO DE PROJETO

#### 3.2.1. INTRODUÇÃO

O projeto selecionado é o de uma moradia unifamiliar constituída por R/C mais 3 pisos, organizados da seguinte forma:

- R/C: hall de entrada, garagem, lavandaria e zona técnica;
- Piso 1: hall, 1 suite, 1 sala comum, 1 casa de banho de serviço, 1 cozinha;
- Piso 2: hall, 4 suites;
- Piso 3: Sala de estar, 1 suite;

As instalações da habitação em causa estarão limitadas pelo atravessamento não só da caixa de escadas bem como de uma caixa da plataforma elevatória existente que percorre todos os pisos da habitação.

Com vista à obtenção de um maior conforto habitacional e também de menores desperdícios de água foi adotado um sistema de retorno de água quente. Além do mais é de notar que as instalações respeitantes ao abastecimento e drenagem de águas residuais irão ter uma maior concentração nas casas de banho, cozinha, lavandaria e zona técnica.

Uma particularidade existente é a adoção de aspiração central, esta não sendo associada a qualquer obrigatoriedade de projeto será a única instalação que será assim totalmente definida de raiz em BIM.

Devido à grande multiplicidade de equipamentos e sistemas de instalações foi considerada em projeto uma divisão técnica existente no R/C, divisão esta onde serão instalados depósitos, bombas elevatórias, aspirador da aspiração central, bem como outros equipamentos relativos às redes existentes.

Outra especificidade a ter em atenção será a existência de painéis solares que permitirão um aquecimento de água prévio, antes de esta ser posteriormente aquecida por um conjunto de duas bombas de calor ligadas em paralelo.

### 3.2.2. PROJETOS DISPONIBILIZADOS

O projeto de arquitetura foi fornecido num ficheiro único ficheiro *.pln* ArchiCAD (figura 3.1), elaborado pelos arquitetos: Filipe Moreira da Silva, Joana Restivo e Inês Pimentel.

O projeto de arquitetura foi concebido desde a sua fase conceptual, à fase de pormenorização e detalhe de projeto de execução recorrendo a uma lógica BIM e que através do *software* ArchiCAD, foi possível implementar. Contudo a equipa de projeto de arquitetura considerou a pormenorização de alguns desenhos em 2D numa fase final de projeto.



Fig. 3.1 – Projeto de arquitetura em ArchiCAD

É possível observar nas figuras 3.2 e 3.3 dois cortes realizados no projeto de execução ArchiCAD. A imagem 3.2 é relativa a um corte horizontal realizado ao nível do segundo piso onde se distinguem as diferentes divisões bem como os diferentes elementos arquitetónicos que a compõe.

Neste corte relativo ao piso 2 (figura 3.2) é possível observar a distribuição espacial das casas de banho como também as espessuras das diferentes paredes que constituem a habitação. Ainda na figura 3.2 é possível observar os equipamentos sanitários devidamente localizados não correspondendo no entanto de forma rigorosa à geometria dos futuros equipamentos sanitários, sendo estes assim apenas genéricos.



Fig. 3.2 – Corte horizontal do projeto de arquitetura

No corte representado na figura 3.3 observa-se o projeto de arquitetura com um corte vertical deixando visível da caixa de plataforma elevatória existente que percorre sequencialmente todos os pisos da habitação. Nesta figura 3.3 são também notórias as espessuras das lajes que compõem o edifício.

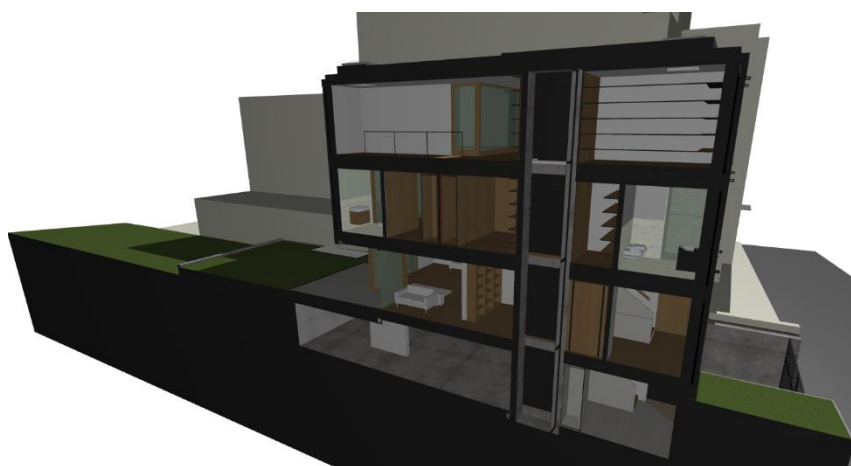


Fig. 3.3 – Corte vertical do projeto de arquitetura

Relativamente aos projetos de abastecimento de água bem como drenagem de águas pluviais e residuais, estes foram projetados recorrendo a uma abordagem mais tradicional, estando assim estes projetos representados apenas em duas dimensões recorrendo a plantas e cortes. O projeto das instalações hidráulicas foi elaborado pela projetista Filipa Pereira (SOPSEC). As peças desenhadas

destes projetos foram disponibilizadas em .dwg AutoCAD, estando alguns exemplos destes representados nas figuras 3.4, 3.5 e 3.6. As figuras 3.4 e 3.5 apresentam uma visão global do projeto de abastecimento de água, sendo possível distinguir as diferentes redes de abastecimento bem como os acessórios inerentes a estas. Destes acessórios serão de extrema importância aqueles contidos na divisão técnica, a montante do nicho de contador, (figura 3.6) de onde afluem todos os elementos relativos ao abastecimento de águas elevando nesta zona a complexidade de relações entre os respetivos elementos.

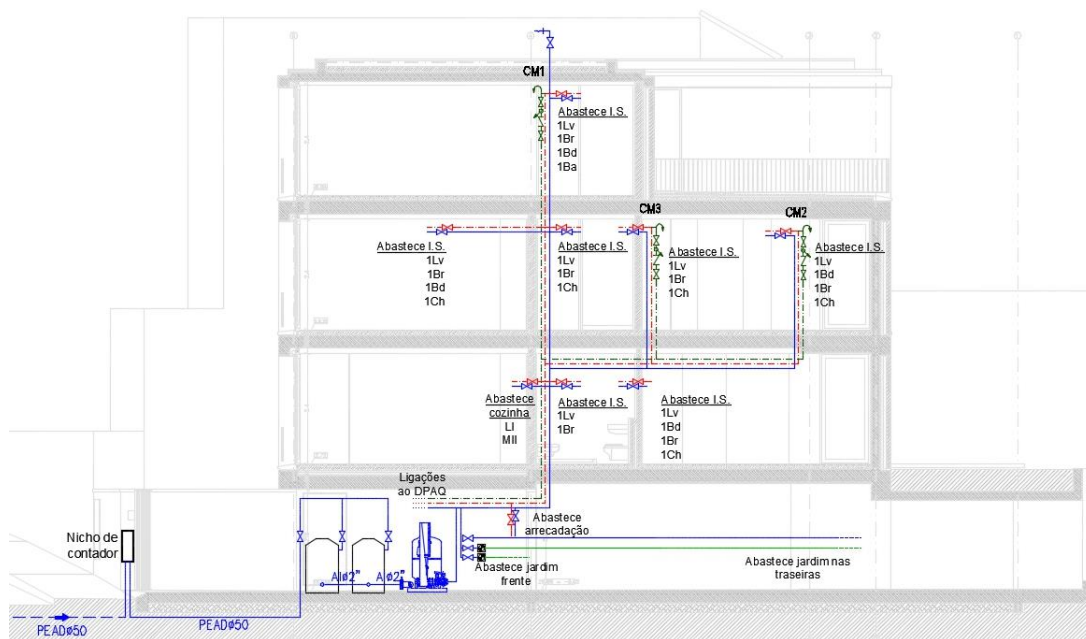


Fig. 3.4 – Corte do projeto de rede de abastecimento de água

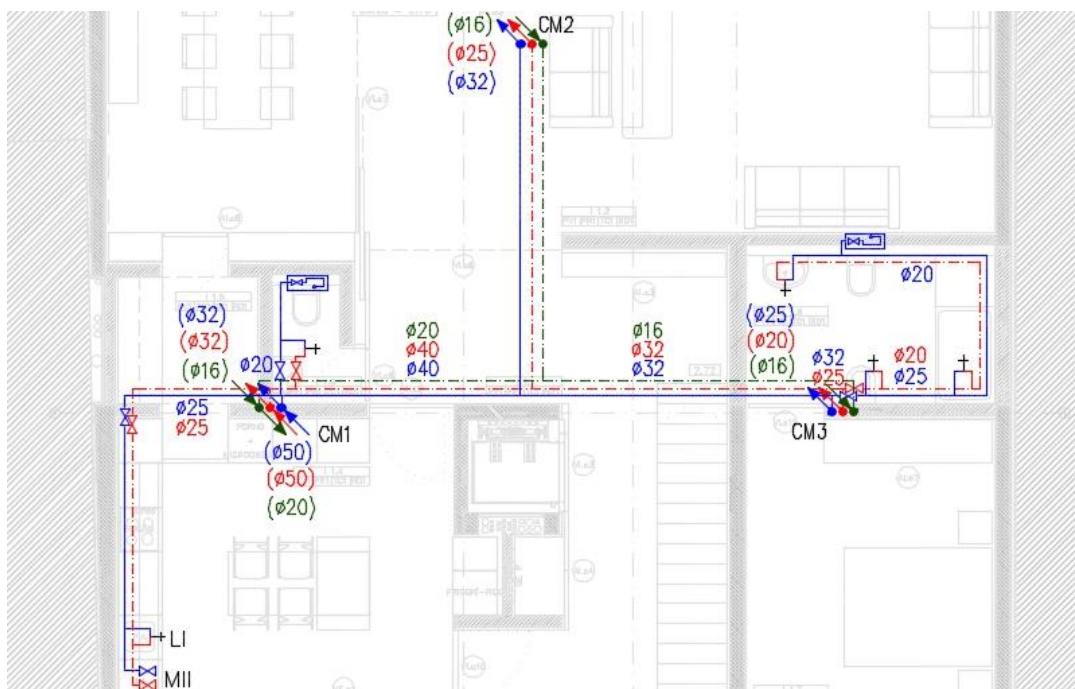


Fig. 3.5 – Planta do piso 1 do projeto de abastecimento de água



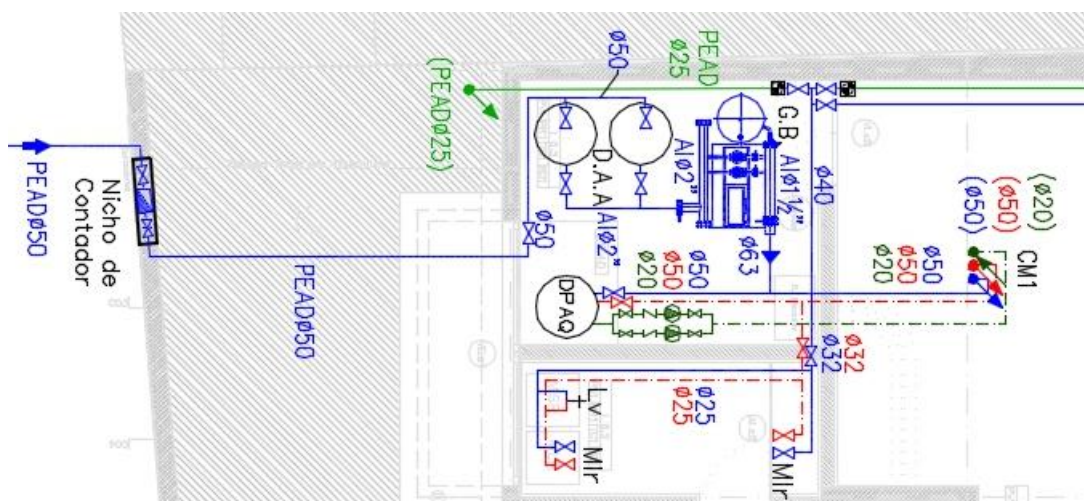


Fig. 3.6 – Pormenor do piso 0 da planta de abastecimento de água

Nas figuras 3.7 e 3.8 é apresentado o projeto de águas pluviais e residuais. A figura 3.7 é a representação do piso 0 das instalações residuais (a vermelho) e pluviais (a verde e castanho), neste é possível observar os vários ramais de ligação, entre os diferentes elementos, com as suas respetivas inclinações e diâmetros associados.

Também neste projeto se adivinha relativamente à divisão técnica uma maior complexidade de ligações e relações entre os diferentes elementos.

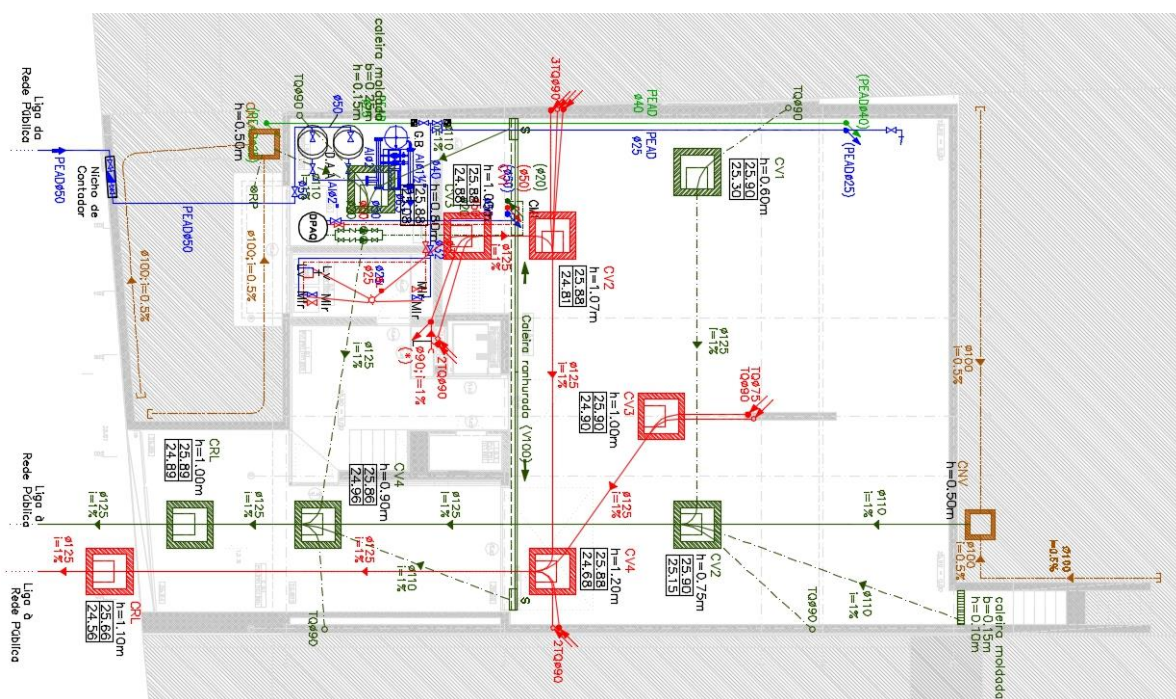


Fig. 3.7 – Planta do projeto de águas residuais e pluviais do piso 0

Representa-se na figura 3.8 um corte do projeto das águas residuais. Neste é possível distinguir de entre os vários elementos que o constituem as caixas de visita, ramais de ligação, caixas de pavimento e tubos de queda. Será importante observar a relação existente entre os tubos de queda e colunas de

ventilação uma vez que estes termos dizem respeito ao mesmo elemento. Um tubo de queda será considerado coluna de ventilação após a última ligação montante deste às águas residuais.

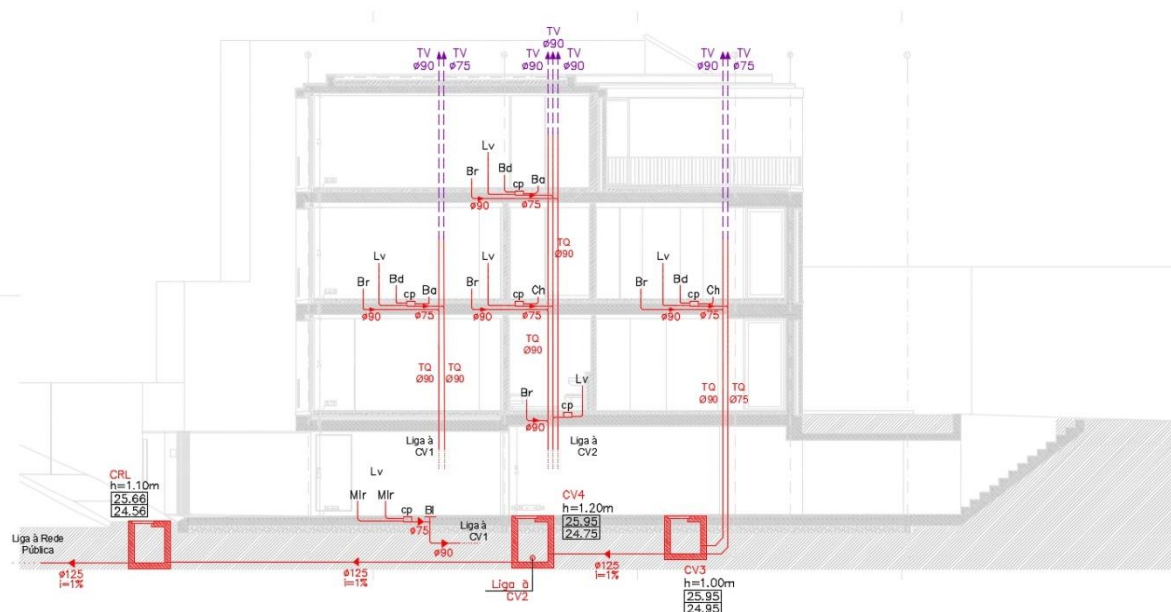


Fig. 3.8 – Corte do projeto de águas residuais

Todas as peças desenhadas do projeto de instalações hidráulicas são acompanhadas pela respetiva legenda de abreviaturas utilizadas, bem como de sumárias descrições dos materiais a serem usados. Complementarmente, quando por razões de um melhor arranjo gráfico foram omitidos diâmetros e outras informações relevantes, estas legendas também acompanham as peças desenhadas do projeto em forma de legenda auxiliar. Todas as legendas utilizadas no projeto de instalações tornam-se indispensáveis a uma forma inequívoca de interpretação para o trabalho a ser posteriormente realizado.

### 3.2.3. MATERIAIS E ELEMENTOS SELECIONADOS

Auxiliariamente aos projetos de arquitetura e de instalações hidráulicas foi disponibilizado, pelo coordenador do projeto, o mapa de trabalhos e quantidades em ficheiro Excel, de forma a servir de auxílio à definição rigorosa dos elementos que é exigida sempre que se está num ambiente BIM. Um exemplo do mapa de trabalhos e quantidades é representado na figura 3.9. No mapa de trabalhos e quantidades as diferentes atividades a serem executadas encontram-se sequenciadas através de uma divisão lógica por artigos. As tarefas são identificadas através do seu número de artigo, explicitadas por uma descrição detalhada com a identificação das quantidades em unidades próprias a cada um dos artigos. Esta lógica de organização do mapa de trabalhos e quantidades auxilia a uma rápida e fácil identificação e associação às respetivas peças desenhadas do projeto considerado.

21.2.	<b>REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS</b>		
21.2.1	<b>Tubagens</b>		
21.2.1.1	Fornecimento e colocação de tubagem em polipropileno (PP) com retardador de chama destinados a descargas de esgoto a altas e baixas temperaturas, com certificação do material da tubagem e acessórios, em ramais embebidos em paredes e pavimentos, incluindo abertura e tapamento de roços, ligações com junta autoblocante e anilha de estanquidade e todos os acessórios e trabalhos necessários à sua implantação, no diâmetro de:		
	DN 40	m	19,60
	DN 50	m	24,30
	DN 75	m	14,15
	DN 90	m	15,00
21.2.1.2	Fornecimento e colocação de tubagem em polipropileno (PP) com retardador de chama destinados a descargas de esgoto a altas e baixas temperaturas, com certificação do material da tubagem e acessórios, nos tubos de queda e ventilação, incluindo abertura e tapamento de roços, tirantes de suporte complementados com abraçadeiras de ferro galvanizado, ligações com junta autoblocante e anilha de estanquidade e todos os acessórios e trabalhos necessários à sua implantação, no diâmetro de:		
	DN 75	m	14,00
	DN 90	m	111,50
21.2.1.3	Fornecimento e colocação de tubagem em polipropileno (PP) com retardador de chama destinados a descargas de esgoto a altas e baixas temperaturas, com certificação do material, em rede enterrada de águas residuais domésticas, incluindo abertura e tapamento de valas, transporte de produtos sobranes a vazadouro, assentamento em almofada de areia de acordo com pormenor desenhado, ligações com junta autoblocante e anilha de estanquidade e todos os acessórios e trabalhos necessários à sua implantação, no diâmetro de:		
	DN Ø 75 mm	m	1,0
	DN Ø 90 mm	m	15,1
2.1.4	Fornecimento e colocação de tubagem de polipropileno (PP) de parede dupla, corrugada externamente e lisa no interior, da classe de rigidez SN8, com certificação do material, em rede enterrada de águas residuais domésticas, incluindo abertura e tapamento de valas, transporte de produtos sobranes a vazadouro, assentamento em almofada de areia de acordo com pormenor desenhado, ligações com junta autoblocante e anilha de estanquidade e todos os acessórios e trabalhos necessários à sua implantação, no diâmetro de:		
	DN Ø 125 mm	m	28,1

Fig. 3.9 – Extrato do mapa de trabalhos e quantidades

Também em relação à rigorosa definição de todos os elementos foram consultadas as fichas de produto de cada elemento em questão. As fichas de produto consultadas tiveram origem na prévia identificação de cada elemento através do mapa de trabalhos e quantidades. A partir desta identificação inicia-se a procura e consequente consulta de cada ficha de produto disponibilizada a partir de catálogos existentes nos *sites* de cada marca em questão. A figura 3.10 é relativa à página *web* de um lavatório da marca Duravit usado na rede de instalações hidráulicas da habitação em análise.

Todas as informações utilizadas ao longo do processo de implementação estão deste modo fundamentadas na consulta e recolha de dados das respetivas fichas de produto dos elementos usados. No caso de existência de um elemento genérico sem estar associado a nenhuma marca específica, este



será considerado como um caso particular, sendo utilizados dados gerais de marcas genéricas e não considerando quaisquer informações específicas do produto.

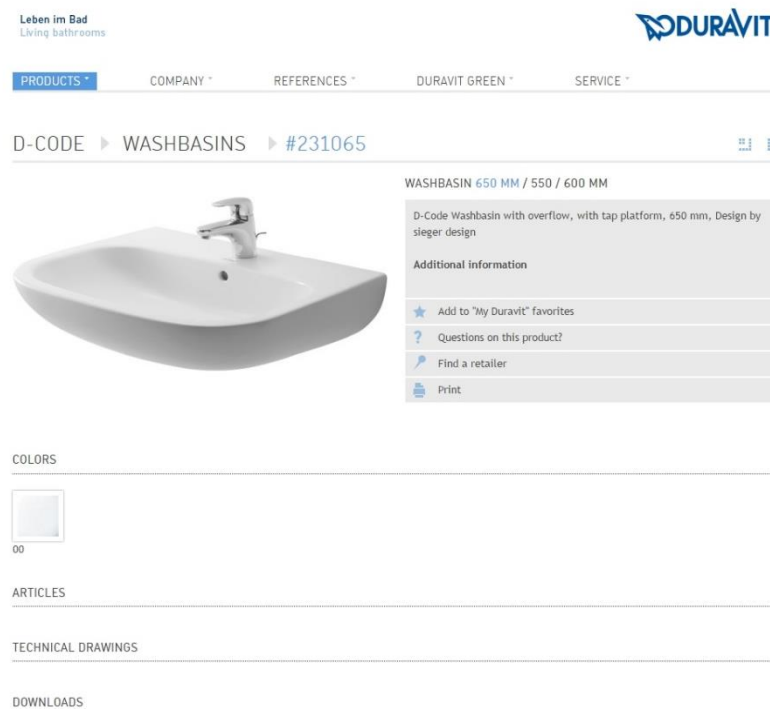


Fig. 3.10 – Ficha de lavatório (adaptado de <http://www.duravit.com/>)

Tendo disponível o projeto de arquitetura em ambiente BIM em oposição aos restantes documentos em formatos tradicionalmente mais usados e correntes pretende-se estudar a representação e caracterização dos projetos MEP como se todo o trabalho tivesse recorrido a um ambiente colaborativo BIM entre as especialidades de arquitetura e MEP, detetando as vantagens que se levantariam bem como as limitações atualmente existentes nestes casos.

Com este estudo de caso não se pretende efetuar revisões de cálculo ou dimensionamento das soluções preconizadas no projeto MEP. O objetivo aqui é apenas o de representar as soluções adotadas em ambiente BIM e discutir a sua utilidade e adoção, comparativamente ao mesmo projeto realizado recorrendo ao CAD.

### 3.3.METODOLOGIA A SER IMPLEMENTADA

A metodologia a ser seguida ao longo deste estudo de caso centra-se assim na leitura e interpretação dos projetos disponibilizados em CAD bem como a sua associação ao mapa de trabalhos e quantidades e respetivas fichas de produto para de seguida traçar a rede recorrendo a uma lógica BIM.

Deste modo é necessário, à partida, a definição de uma ferramenta de trabalho BIM existente, sendo que o *software* selecionado para tal foi o Revit. O *software* Revit da Autodesk foi usado para esta implementação uma vez que este é o software mais usado atualmente em projeto pela especialidade MEP, este é apontado também como tendo uma ampla biblioteca de objetos o que facilita em grande



parte o trabalho. O Revit possui ainda uma interface bem organizada e funcional permitindo uma fácil aprendizagem (Eastman, C.M., 2011).

Como o projeto de arquitetura foi implementado em ArchiCAD fará parte deste estudo explorar também o modo de transferência entre ficheiros do ArchiCAD para Revit, algo que será discutido inicialmente nesta metodologia de implementação BIM.

Após a importação será essencial ao longo do traçado de qualquer rede explorar a interface e requisitos existentes no Revit uma vez que destes dependerão as vantagens e limitações de aplicação de um projeto MEP ao ambiente BIM neste *software*.

A interface do Revit surge como um conjunto de ligações e relações entre várias ferramentas existentes, que terão de ser usadas de modo a possibilitar o traçado, e representação das redes MEP. Deste modo o utilizador irá deparar-se com um conjunto de particularidades únicas relativas a este software em causa. Com este estudo de interface será essencial também a ligação entre o trabalho efetuado no Revit e as definições fundamentais associadas ao BIM exploradas no capítulo anterior de modo a testar a aplicabilidade da parametrização de objetos, níveis de desenvolvimento, níveis de maturidade bem como a já referida interoperabilidade.

Outro ponto essencial a ser explorado, será a relação das redes MEP com as particularidades existentes em obra, nomeadamente os requisitos legais regulamentares e físicos adotados e a sua relação com o espaço disponível para a sua colocação em obra.

Após a implementação de um conjunto de instalações surgirá a necessidade de explorar de novo a interoperabilidade, agora de exportação no Revit, de modo a possibilitar o acesso das redes criadas por qualquer outro interveniente do processo construtivo que necessite de consultá-las sem recorrer ao ambiente Revit. Ao ter esta interoperabilidade de exportação definida será possível o uso desta rede noutras ferramentas BIM com vista à sua implementação, conjugação e visualização com os outros projetos das equipas de especialidade.



# 4

## Implementação do Projeto MEP

### 4.1. INTRODUÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO MEP

No presente capítulo pretende-se expor todo o trabalho que foi necessário fazer para a implementação do projeto *Mechanical Electrical Plumbing* (MEP) do edifício considerado para o caso de estudo. Ao longo deste capítulo são apresentados os diferentes tipos de *software* utilizados e que se revelaram da maior importância. Para a concretização do trabalho foram utilizadas as ferramentas ArchiCAD, Solibri, Sketchup, Revit e AutoCAD. O *software* AutoCAD foi importante relativamente à leitura do projeto disponibilizado bem como para um estudo inicial do projeto de aspiração central. No entanto não foi considerada uma análise da sua interface pois não teve a mesma abrangência e importância que as outras ferramentas utilizadas ao longo da implementação. Para cada uma das outras ferramentas utilizadas foi considerada uma abordagem inicial à sua interface de forma a possibilitar uma maior compreensão do trabalho executado posteriormente e de modo a possibilitar uma melhor referência aos controlos executados bem como ao tipo de navegação que determinada ferramenta possibilita.

Em todo o *software* instalado foram consideradas as versões internacionais dos mesmos fazendo com que todos os comandos e ferramentas utilizadas sejam referidas em língua inglesa.

Para além da breve apresentação dos diversos tipos de *software* serão também mostrados os procedimentos necessários para a implementação pretendida e referidas todas as dificuldades inerentes, incidentes na troca de informação entre elas.

Uma qualquer ferramenta BIM consome grande parte dos recursos do computador utilizado, estando a resposta de uma determinada ferramenta sempre associada à máquina em que está a ser executada. Deste modo de forma a tornar rigorosa a constatação dos resultados bem como dos erros e dificuldades discutidas ao longo deste capítulo explicita-se em seguida os requisitos do computador onde todo o *software* descrito ao longo do mesmo foram executados:

- Sistema Operativo Microsoft Windows 8.1 64-bit;
- Processador Intel(R) Core(TM) i7-4700MQ CPU 2.40GHz;
- Placa gráfica Intel(R) HD Graphics 4600;
- Memória RAM 16 GB;

Relativamente às figuras apresentadas ao longo do presente capítulo, estas pretendem informar de forma simples e intuitiva acerca dos procedimentos adotados. Deste modo, muitas das figuras surgem

editadas para que os diferentes passos sejam possíveis de ser visualizados, não correspondendo as figuras às imagens de ecrã retiradas diretamente a partir de *print screens*.

## 4.2. PROJETO DE ARQUITETURA EM ARCHICAD

### 4.2.1. INTRODUÇÃO AO ARCHICAD

O ArchiCAD, é um *software* da Graphisoft (Graphisoft, 2015a) muito usado pela especialidade de arquitetura, sendo esta aquela a que mais se adequa. O projeto de arquitetura do caso de estudo foi elaborado recorrendo ao ArchiCAD. Será deste modo de extrema importância, antes da implementação das instalações MEP, explorar todos os procedimentos que levarão à exportação do modelo BIM. Seguidamente será referido de forma generalista a interface existente no ArchiCAD que proporciona uma correta visualização e exportação do projeto de arquitetura.

Não faz parte do âmbito desta abordagem a exploração e caracterização extensiva das ferramentas existentes em ArchiCAD que possibilitam a criação do projeto de arquitetura, bem como a criação de documentos finais para o projeto de execução. Relativamente ao *software* ArchiCAD o que é relevante ao caso de estudo, é a forma de abrir um ficheiro produzido neste *software* bem como a sua visualização e exportação para implementação das diferentes redes de instalações.

Inicialmente será explorada a interface do ArchiCAD bem como a localização e a utilidade das suas principais ferramentas. De seguida será referida a metodologia seguida para abertura do ficheiro ArchiCAD produzido pela equipa de Arquitetura bem como as suas particularidades e dificuldades encontradas. Após a importação, visualização e leitura da informação presente do projeto de arquitetura será discutida a interoperabilidade existente no ArchiCAD de modo a exportar toda e qualquer informação relevante para o trabalho a ser executado posteriormente.

De forma a proporcionar uma leitura mais transparente e fiável das observações e conclusões expostas ao longo deste capítulo, acerca do *software* ArchiCAD, é necessário ter em conta vários fatores que poderão influenciar tanto os resultados como a forma de visualização. Estes fatores, além dos requisitos do computador usado, encontram-se relacionados com a versão do *software* a ser utilizado.

A versão usada de *software* é a versão educacional internacional do ArchiCAD 18 em ambiente Windows 64bits. Esta versão foi obtida através de uma candidatura à versão educacional pelo *site* <https://myarchicad.com/> (Graphisoft, 2015b) .

### 4.2.2. INTERFACE DO ARCHICAD

A interface do ArchiCAD, apresenta-se como um produto que se desenvolveu e amadureceu ao longo de 3 décadas. Após iniciar o programa é possível visualizar 10 secções distintas da sua interface. Estas 10 secções são apenas aquelas que contêm os comandos essenciais, existindo outras mais avançadas. Na figura 4.1 encontram-se assinaladas estas diferentes secções cada uma delas sendo seguidamente listadas e posteriormente explicitadas:

- 1) Barra de título;
- 2) Barra de menus;
- 3) Barra de ferramentas *standard*;
- 4) Mini navegador;
- 5) Caixa de informações
- 6) Caixa de ferramentas;

- 7) Barra de visualização;
- 8) Área de desenho;
- 9) Barra de estado;
- 10) Navegador;

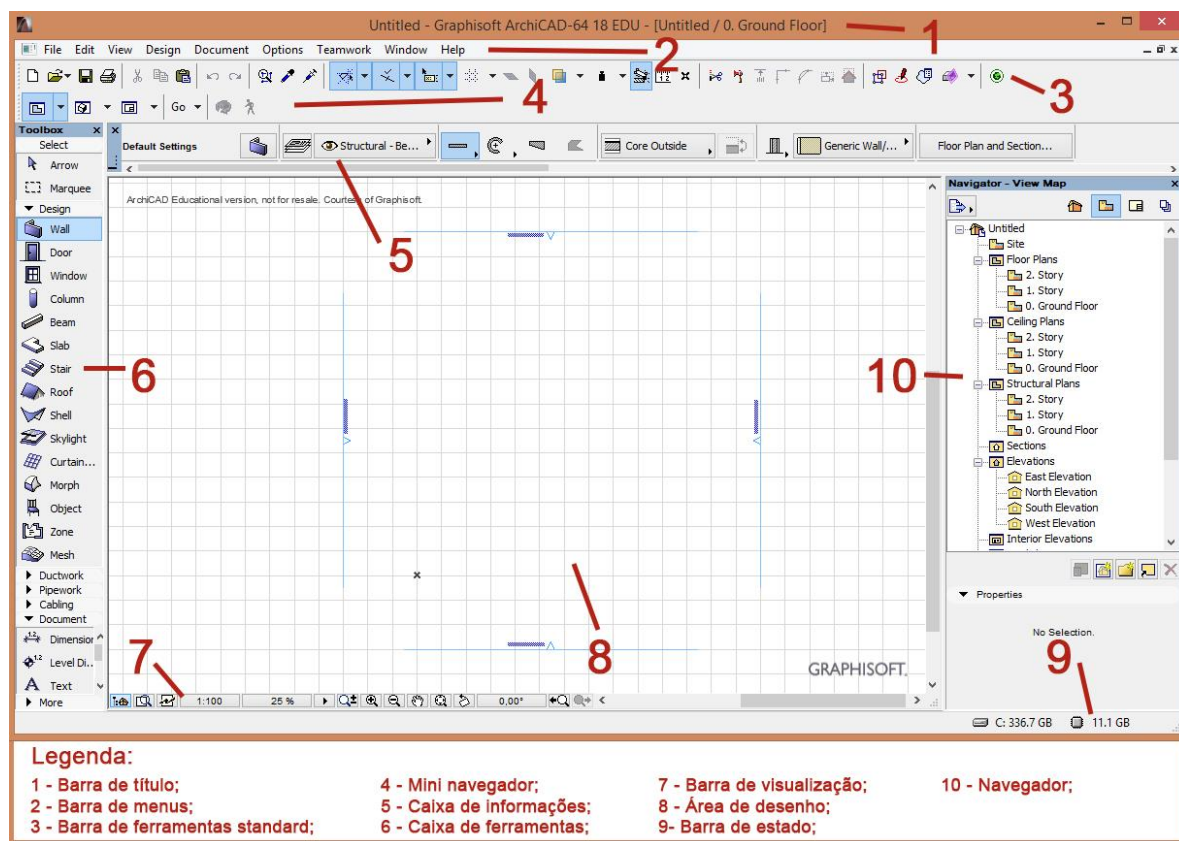


Fig. 4.1 – Interface ArchiCAD

A barra de título é o local onde se poderá apenas observar informações básicas fundamentais referentes ao projeto a ser criado. Estas informações são constituídas por: nome do projeto, versão do *software* a ser usada e vista que se encontra apresentada.

A barra de menus é uma barra de administração geral do *software*, a partir desta é possível criar novos projetos, gravar projetos, aceder a opções de visualização, aceder a diferentes opções de trabalho bem como obter informações de ajuda para utilização do programa.

A barra de ferramentas *standard*, reúne um conjunto de ferramentas presentes na barra de menus mas que aqui estão acessíveis através de ícones, sendo estas à partida as mais utilizadas pelo projetista. As ferramentas aqui presentes podem assim ser utilizadas sem que se esteja à procura através de subjanelas na barra de menus, estando assim o seu acesso pela barra de ferramentas simplificado.

O mini navegador permite navegar entre as diferentes vistas do projeto, permitindo um acesso rápido aos diferentes pisos, alçados, cortes e vistas 3d. Este mini navegador permite ainda a alteração de algumas opções de visualização inerentes às vistas. Como exemplo, no modo 3d permite o utilizador optar por vista em axonometria ou perspetiva, sendo ainda possível alterar os parâmetros da perspetiva em questão, definindo distâncias da câmara, azimute, ângulo de visualização bem como posição da luz solar.

A caixa de informações permite a consulta e alteração de informações relativas ao elemento selecionado na caixa de ferramentas. Na figura 4.1, como se encontra selecionado o elemento parede na caixa de ferramentas, implica que as informações e opções expostas na caixa de informações dizem respeito a esta. Em relação à parede, na caixa de informações é possível alterar diferentes propriedades geométricas, de posicionamento, de materiais e ainda as camadas de trabalho *layers*.

A caixa de ferramentas encontra-se dividida em 4 secções principais, podendo ser acrescentadas outras caso se recorra a *addons* do ArchiCAD. A caixa de ferramentas expõe a lista de todos os elementos que poderão ser usados para a criação de um projeto, estando desta forma diretamente relacionada com a área de desenho. De entre as secções principais que compõe a caixa de ferramentas é possível observar na figura 4.1 a primeira (*select*) onde estão contidas as ferramentas de seleção, a segunda secção (*design*) é onde se encontram os elementos construtivos standard a serem modelados em projeto, a terceira (*document*) é o local onde se encontram as ferramentas 2D para produção de documentos a serem adicionadas ao projeto em desenvolvimento e finalmente a quarta secção (*more*) é relativa a ferramentas que são menos utilizadas mas igualmente indispensáveis em casos particulares.

A caixa de visualização é onde se encontram as diferentes opções de escala, de zoom bem como de rotação do desenho. A caixa de visualização dependerá sempre da vista que está a ser utilizada, variando as suas propriedades conforme e estiver numa vista 2D ou 3D.

A área de desenho é o local onde se torna possível a criação, edição e desenvolvimento do projeto, constituindo deste modo uma área onde todo o trabalho se processa e se visualiza. Esta área está no centro de todas as outras secções, sendo adaptável para todas as vistas de um projeto em edição.

A barra de estado limita-se a dar duas informações acerca do estado do computador em uso. A primeira informação diz respeito ao espaço disponível no disco rígido, sendo este espaço relevante quando se pretende guardar o projeto no qual se está a trabalhar. A segunda informação, será talvez mais relevante quando se está a trabalhar com um projeto de grandes dimensões, uma vez que este irá consumir de forma significativa a memória *ram* (*random access memory*), tornando o uso do *software* cada vez mais lento a medida que esta memória se torna ocupada.

A secção navegador possibilita a exploração das diferentes vistas e documentos criados ao longo do projeto, tornando possível ao projetista navegar facilmente pelas diferentes plantas, cortes, alçados, perspectivas como também ter acesso a documentos criados de forma automática à medida que o processo de criação de projeto se desenvolve. Estes documentos automaticamente criados são fundamentalmente listas de elementos, desenhados recorrendo à caixa de ferramentas, e que contém características e informações relevantes de cada elemento projetado.

É importante ter em conta que, na dúvida de qualquer ferramenta existente na forma de ícone presente na interface, basta arrastar o cursor para cima desta de modo ao ArchiCAD mostrar o nome desta bem como a existência de alguma tecla de atalho.

Um fator relevante da interface é a possibilidade de personalização que o utilizador tem, podendo mover as secções do programa, elimina-las temporariamente ou ainda acrescentar outras secções mais avançadas que sejam relevantes.

#### 4.2.3. ABRIR E VISUALIZAR O PROJETO EM ARCHICAD

O projeto de execução disponibilizado pela equipa de arquitetura, foi facultado de forma completa escrito num ficheiro em formato ArchiCAD Solo Project (*.pln*). Este ficheiro *.pln* foi disponibilizado a partir de uma versão profissional do ArchiCAD 17 e contém nos seus 123 MB todos

os elementos que foram sendo criados ao longo do desenvolvimento do projeto de execução de arquitetura.

Para abrir o ficheiro *.pln*, utiliza-se o processo a partir da barra de menus tal como demonstrado na figura 4.2 a) através dos comandos *File* e *Open*. Após a seleção do ficheiro, o software ArchiCAD irá questionar acerca da conversão necessária a ser efetuada devido à diferença de versões utilizadas durante o processo de interoperabilidade do ficheiro *.pln* (figura 4.2 b)). Tal conversão revela-se fundamental uma vez que se trata de uma versão gravada num *software* profissional a ser aberta recorrendo a um educacional. Após a conversão e abertura é de extrema importância uma verificação do conteúdo de forma a detetar quaisquer erros ou elementos em falta.

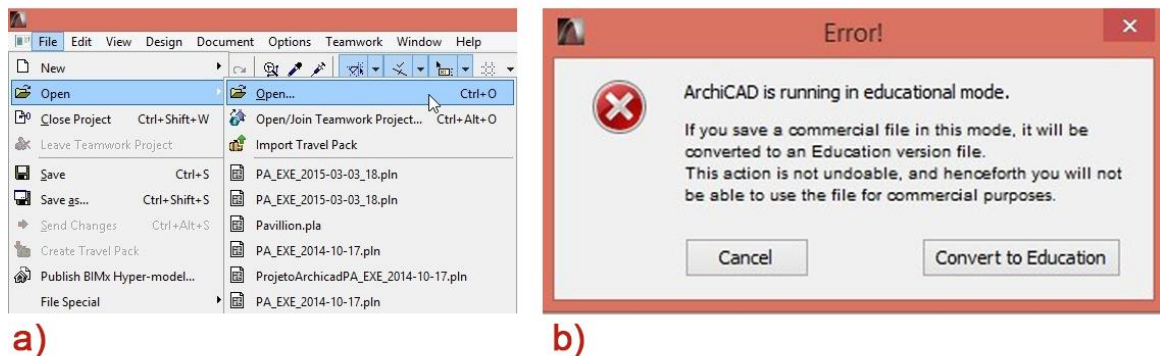


Fig. 4.2 – a) Processo para Abertura de um ficheiro *.pln*; b) Conversão para versão educacional

Após a abertura do ficheiro o *software* abre um relatório das bibliotecas de objetos, denominado de *Library Loading Report* e representado na janela direita da figura 4.3. Na figura 4.3 é também demonstrado o resultado aparente do projeto convertido, apresentando-se totalmente insatisfatório com a ausência de elementos fundamentais no projeto, nomeadamente: lajes, gradeamentos, jardins, paredes interiores e algumas janelas.

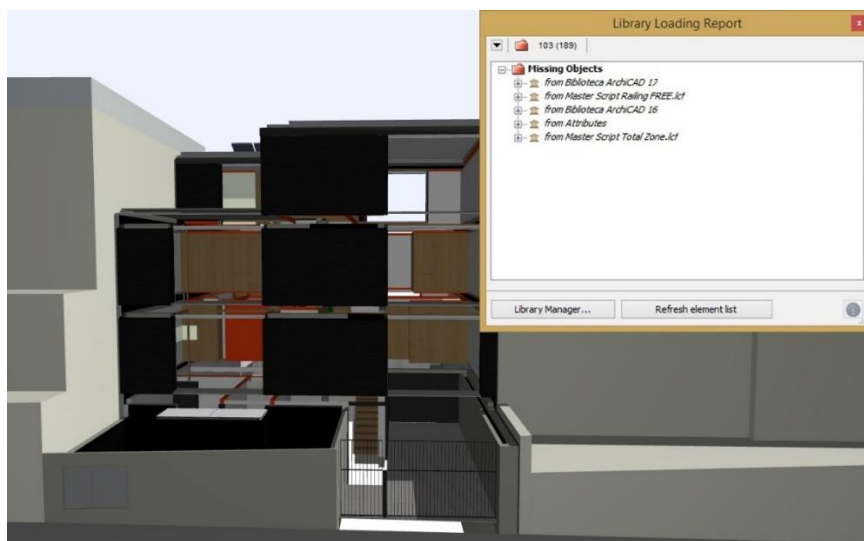


Fig.4.3 – Relatório de bibliotecas com o ficheiro *.pln* aberto

O processo a seguir numa situação deste tipo de erro é o de inicialmente, atualizar as bibliotecas recorrendo ao comando *Library Manager*, representado na figura 4.3 na janela de relatório. O comando *Library Manager* é uma ferramenta que permite visualizar as bibliotecas e objetos de um determinado projeto, uma representação desta pode ser vista na figura 4.4. Na janela do *Library Manager* há que verificar a secção *Missing Objects*, sendo esta a que informa ao utilizador a falta de elementos associados ao projeto.

Após atualizar todas as bibliotecas e adicionar eventuais *scripts* utilizados há que verificar se existem camadas do projeto que se encontram desligadas. Para isso recorreu-se à barra de menus nas opções *document*, *layer*, *layer settings* verificando se existe alguma que se encontre desligada. Após esta verificação e com a ativação de camadas que se encontrem desligadas o resultado é o representado na figura 4.4. Este resultado embora pela imagem pareça satisfatório a nível geométrico, ao observar a secção *Missing objects* esta indica ainda a falta de várias texturas que não foram devidamente importadas.



Fig. 4.4 – *Library Manager* e resultado após a sua atualização e ativação de camadas ocultas

Neste passo confirmou-se pela janela do *Library Manager* que são apenas texturas que se encontram em falta, podendo-se optar por dois caminhos distintos. No primeiro destes, o utilizador poderá ignorar estas fechando a janela do *Library Manager* e trabalhar com o modelo sem texturas ou ainda criar novas texturas. O caminho seguido no presente caso de estudo, de modo a ter uma maior fiabilidade no projeto a nível de exportação, foi o de encontrar uma forma de importação destas texturas. O problema encontrado com as texturas em falta foi resolvido recorrendo à equipa de arquitetura que forneceu as texturas existentes na versão do ArchiCAD utilizada para o projeto de arquitetura. As respetivas texturas são copiadas seguidamente para o diretório C:\Program Files\GRAPHISOFT\ArchiCAD 18\ArchiCAD Migration Libraries\ArchiCAD 17 Migration Library\[TImg] Texturas 17, contido na pasta de instalação do *software* ArchiCAD. Ao abrir novamente o projeto, estas texturas permitem a correção de aspetos gráficos que se encontram em falta na figura 4.4 tais como a correta visualização das texturas dos elementos de betão.



Estando o projeto corretamente aberto em ArchiCAD é de extrema importância a sua exploração e leitura. A interpretação dos elementos neste projeto de arquitetura é uma etapa que pode ser eliminada uma vez que a cada um dos diferentes elementos do projeto estão associadas um conjunto de informações que permitem uma inequívoca e rápida leitura de cada elemento selecionado. A par destas informações está o modo simples e intuitivo de visualização do modelo 3d criado, permitindo ao utilizador uma fácil perceção do projeto de arquitetura.

Exemplos do projeto corretamente aberto e com todas as correções de bibliotecas e *layers* efetuadas são demonstrados nas figuras 3.1, 3.2 e 3.3.

A visualização e leitura do projeto em ArchiCAD poderá ser realizada recorrendo a várias formas através da interface do *software*. No presente caso de estudo foram usados o mini navegador, a barra de visualização e o navegador. Além do uso destes, de forma a explorar o modelo, um comando muito importante que permite ao utilizador a leitura das informações associadas a cada elemento do modelo é o *Quick Selection*. Este comando encontra-se na caixa de informações que se torna visível após selecionado o comando *Arrow* na caixa de ferramentas como representado na figura 4.5. O comando *Quick Selection* dispõe visualmente um conjunto de informações relativos ao elemento sob o qual é arrastado. Na figura 4.5 é também possível visualizar o comando *Quick Selection* a ser utilizado na viga da laje do piso 1. Neste exemplo da viga da laje do piso 1, representada na figura 4.5 é possível saber o seu nome, a sua cota, a sua espessura, a *Layer* em que está incluída, o piso a que se refere e se corresponde ou não a um elemento novo a ser construído.

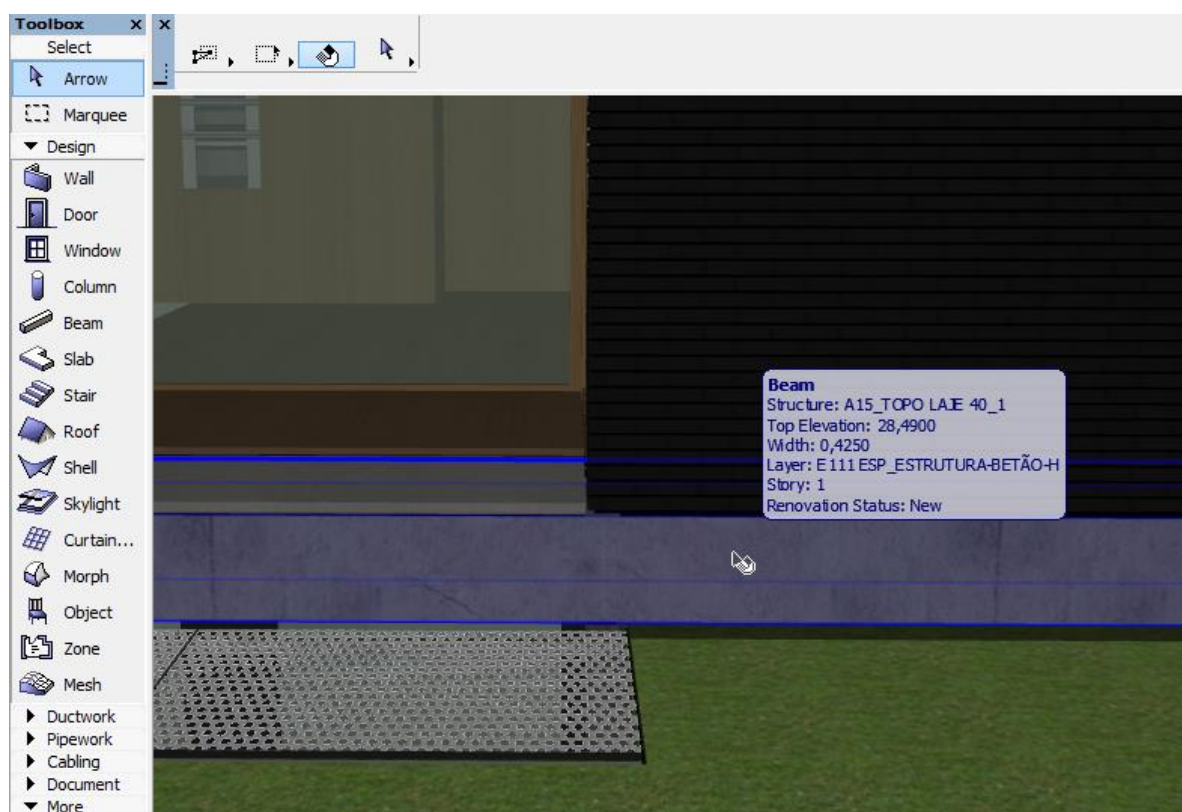


Fig.4.5 – Quick Selection e informações associadas à laje do piso 1

Durante a visualização do modelo o utilizador pode optar por desligar determinadas *layers* de modo a isolar um determinado elemento em estudo.

Através do navegador ArchiCAD, o utilizador pode ainda visualizar as diferentes plantas, cortes e desenhos de pormenor realizados pela equipa de projeto de arquitetura. A figura 4.6 representa, à esquerda, um desenho de pormenor de uma casa de banho que é possível visualizar recorrendo ao navegador ArchiCAD. Representa-se na mesma figura 4.6 à sua direita o navegador ArchiCAD com todos os documentos e desenhos 2D criados pela equipa de arquitetura. A partir da leitura e exploração do projeto pretende-se assim extrair informações de maior relevância para execução do projeto de instalações hidráulicas. Como exemplo, no pormenor da figura 4.6 é possível observar o sistema de drenagem adotado no duche, sendo este constituído por uma calha que percorre o pavimento, informando assim que a sifonagem não é realizada no duche mas sim na caixa de pavimento a jusante.

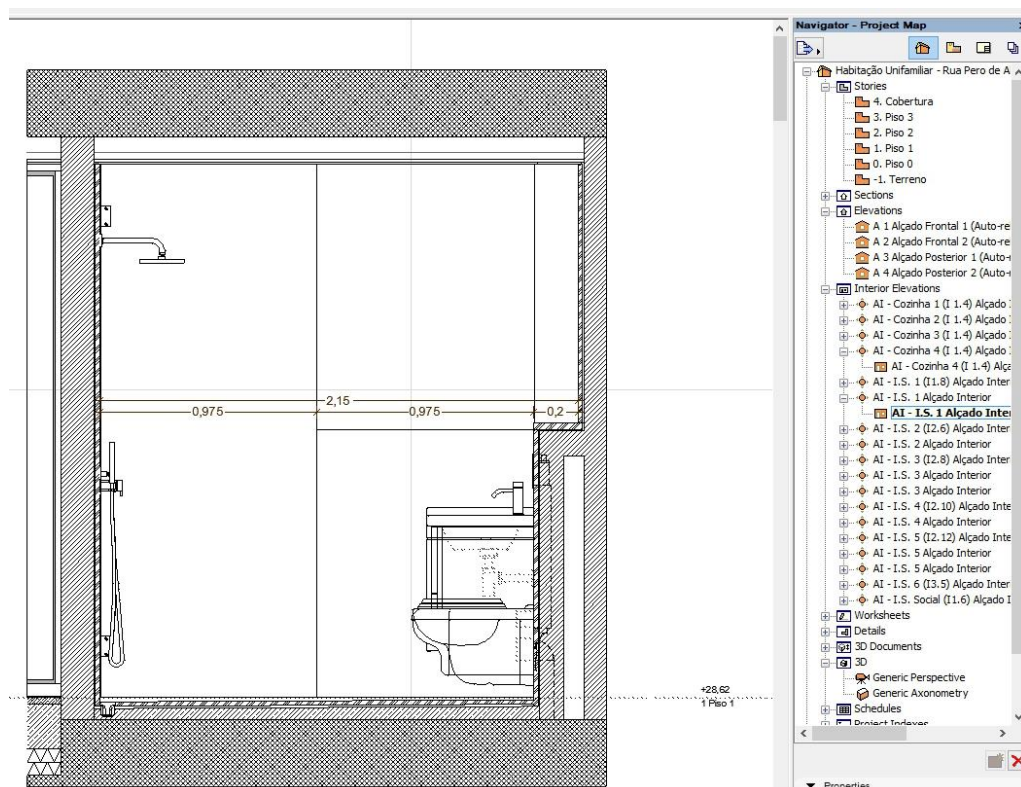


Fig.4.6 – Desenho de pormenor de casa de banho

A visualização num contexto BIM compreende assim uma ação bastante extensa uma vez que existe um conjunto de opções seguidamente listadas:

- Os elementos podem ser visualizados tanto em 3D como em desenhos 2D obtidos a partir dos últimos;
- Podem ser consultadas informações relativas a cada elemento;
- É possível esconder determinados elementos para melhor visualizar outros a partir das diferentes *layers* existentes;
- Existem várias formas de navegação e de visualização que podem ser usadas recorrendo à ampla interface do ArchiCAD;

#### 4.2.4. CONVERSÃO DO FICHEIRO ARCHICAD .PLN EM IFC

O IFC é o formato que possibilita a interoperabilidade quando se recorre a uma lógica BIM e uma vez que o Revit é o *software* a ser usado no projeto de instalações hidráulicas, pretende-se a correta exportação em formato IFC a partir do ArchiCAD.

Antes de efetuar qualquer exportação é necessário ter em atenção as propriedades IFC associadas ao modelo e que serão possíveis de exportar. Deste modo recorrendo à caixa de informações do ArchiCAD e através do comando *Tags and Categories* é possível visualizar, na caixa *IFC Properties* o conjunto de propriedades IFC associadas a determinado elemento previamente selecionado.

Na figura 4.7 representa-se a viga topo de laje do piso 1 selecionada e as suas propriedades IFC associadas. Nestas propriedades é possível ver o seu nome (Viga-002), a sua categoria-tipo IFC (IFCBeam), a sua identificação ArchiCAD, entre outras.

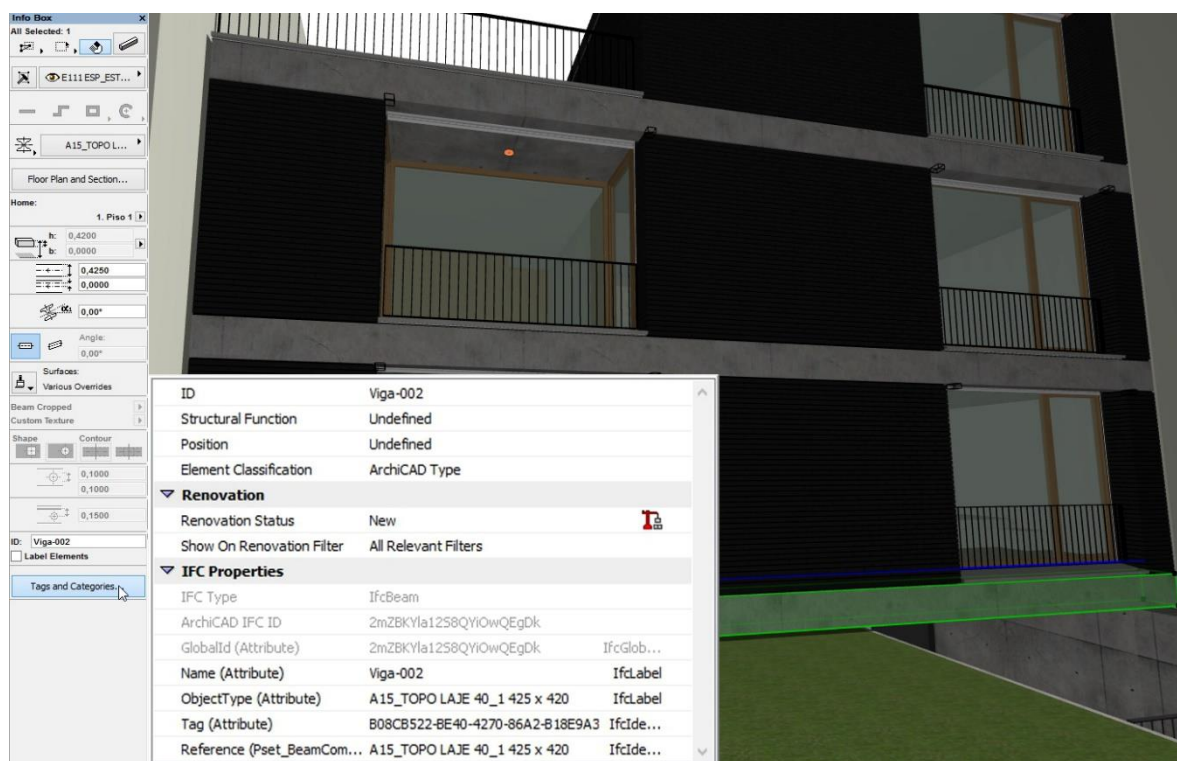


Fig.4.7 – Propriedades IFC associadas a uma viga

Pretende-se a exportação em formato IFC, conservando o máximo das características originais do projeto. Os passos necessários bem como os diferentes formatos IFC que são possíveis de serem exportados recorrendo ao ArchiCAD estão representados na figura 4.8. Para exportar um projeto em formato IFC através da barra de menus selecionou-se os comandos *file* e *save as* sendo que de seguida é apresentada uma janela com várias opções. As várias opções de exportação representadas na figura 4.8 compreendem:

- A secção *Export* que permite 4 tipos de exportação, sendo eles a exportação do modelo completo, de todos os elementos visíveis, de todos os elementos relativos a um piso e ainda de todos os elementos visíveis relativos a um piso. Esta secção poderá ainda acrescentar uma outra opção de elementos filtrados quando se recorre ao comando *Model filter*;
- O comando *Model filter* que interage diretamente com a secção *Export*, permite ao utilizador selecionar, das categorias-tipo IFC, aquelas que pretende exportar. Como exemplo o utilizador poderá exportar apenas as paredes referentes ao projeto de arquitetura;

- A secção *Translator* permite o utilizador escolher entre uma lista a opção mais adequada ao *software* de destino para o qual se está a exportar, utilizando o comando *settings* o utilizador ainda poderá optar pela criação de um tradutor personalizado;
- A secção nome do ficheiro é utilizada para escolha do nome do ficheiro IFC;
- A secção guardar com o tipo é o local onde é possível seleccionar entre os diferentes tipos de IFC disponíveis (*IFC 2x3file .ifc*, *IFC 2x3 XML file .ifcxml*, *IFC 2x3 compressed file .ifczip*, *IFC 2x3 XML compressed file .ifczip*);

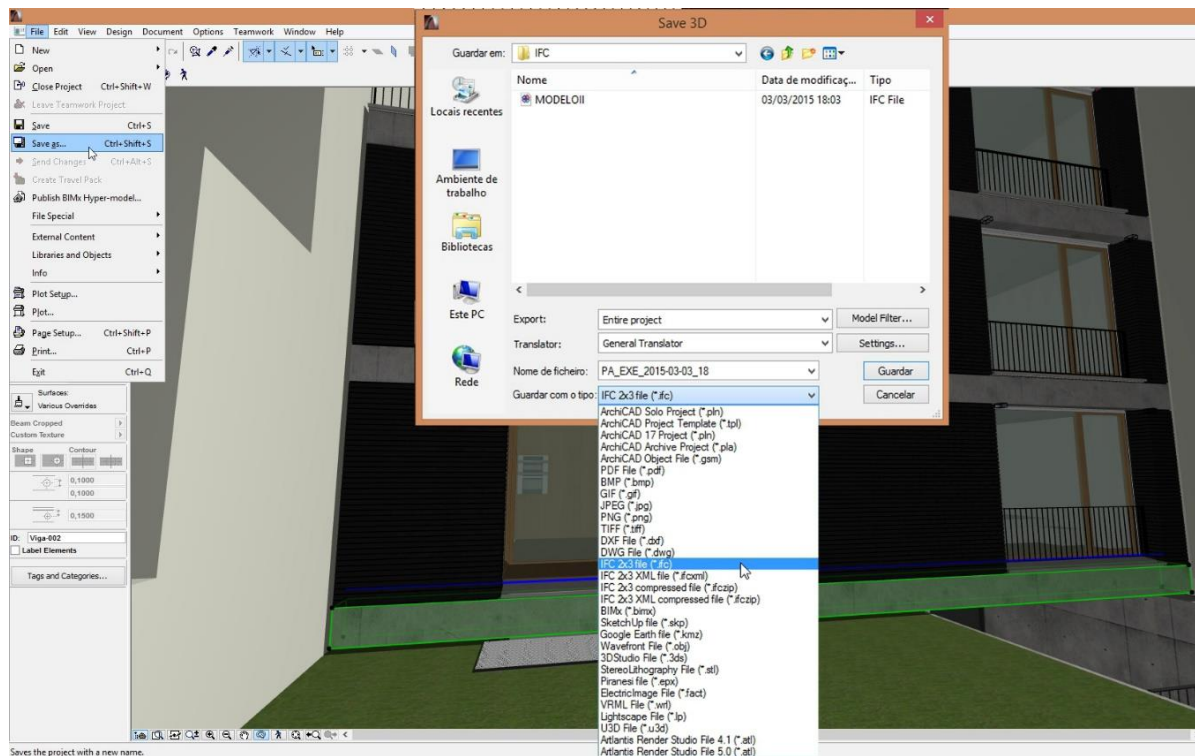


Fig. 4.8 – Exportação em formato IFC

No presente caso de estudo foram efetuadas 6 tipos de exportações fazendo variar algumas das opções de exportação. As variações utilizadas bem como o número de erros resultantes podem ser observados na tabela 4.1. Segundo a tabela verifica-se que de todas as tentativas efetuadas resultaram erros associados ao ficheiro IFC exportado, e tendo todas elas a mesma mensagem de erro explicando que devido a geometria em falta alguns elementos não puderam ser exportados. Também se verifica pela tabela 4.1 que o *traslator* mais desfavorável a ser usado é o relativo ao *Autodesk Revit MEP*.



Tabela 4.1 – Diferentes exportações IFC efetuadas em ArchiCAD e erros resultantes

<b>Export:</b>	<b>Entire Model (modelo completo)</b>			<b>Visible Elements (elementos visíveis)</b>		
<b>Translator:</b>	<i>General Translator</i>	<i>Data Exchange with Autodesk Revit MEP</i>	<i>Data Exchange with Autodesk Revit Structure</i>	<i>General Translator</i>	<i>Data Exchange with Autodesk Revit MEP</i>	<i>Data Exchange with Autodesk Revit Structure</i>
<b>Erros:</b>	76	79	76	76	79	76
<b>Mensagem:</b>	<i>Some elements could not be exported due to missing geometry</i>					

### 4.3. VERIFICAÇÃO SOLIBRI DA EXPORTAÇÃO IFC

#### 4.3.1. INTRODUÇÃO AO SOLIBRI

Após a exportação e consequente criação do ficheiro IFC há que proceder à sua verificação e analisar eventuais perdas de informação que possam ter ocorrido. De forma a ter uma fiável verificação, do modelo IFC, no presente caso de estudo foi utilizado o *software* Solibri model viewer. Este *software* é um software gratuito disponibilizado pela empresa Solibri e é obtido mediante um registo através da sua página oficial (<http://www.solibri.com/>, consultada em 20/04/2015). A versão utilizada é Solibri model viewer em ambiente 64 bits.

#### 4.3.2. INTERFACE DO SOLIBRI MODEL VIEWER

A interface do *software* Solibri Model Viewer é semelhante ao *software* pago Solibri Model Checker da mesma empresa, no entanto no Solibri Model Viewer estão limitadas algumas secções e opções que no software pago estão disponíveis. Constituindo o Solibri apenas um passo intermédio não é considerada uma análise exaustiva à sua interface, sendo apenas exploradas neste subcapítulo as suas instruções gerais que permitiram a verificação do modelo exportado.

Na figura 4.9 estão representadas as diferentes secções da interface do *software* sendo em seguida explicitadas:

- 1) Barra de título – informa qual o nome do *software* seguido pelo nome do modelo aberto;
- 2) Menu *File* – é o local onde é possível abrir e fechar modelos bem como salvar e definir preferências;
- 3) Menu *Model* – é a secção selecionada na figura 4.9 e que contem os comandos relativos ao modelo;
- 4) Menu *Checking* – Permite visualizar verificações feitas em modelos do Solibri Model Checker;
- 5) Menu *Communication* – Contem opções de visualização só disponíveis em modelos do Solibri Model Checker;
- 6) Menu *information takeoff* – Permite o acesso a informações disponíveis em modelos do Solibri Model Checker;
- 7) Janela *Model Tree* – Permite a visualização de todos os componentes existentes no modelo listados em categorias-tipo IFC;

- 8) Área de informações – Dispõe as informações de um determinado elemento selecionado;
- 9) Área de visualização – Apresenta o modelo importado em 3D;
- 10) Barra de navegação – Contem os diferentes comandos de navegação e visualização;
- 11) Barra de pesquisa – Local onde é possível pesquisar pelo nome ou categoria qualquer elemento contido no modelo;
- 12) Barra de estado – Apresenta o número de elementos encontrados pela pesquisa efetuada na barra de pesquisa;

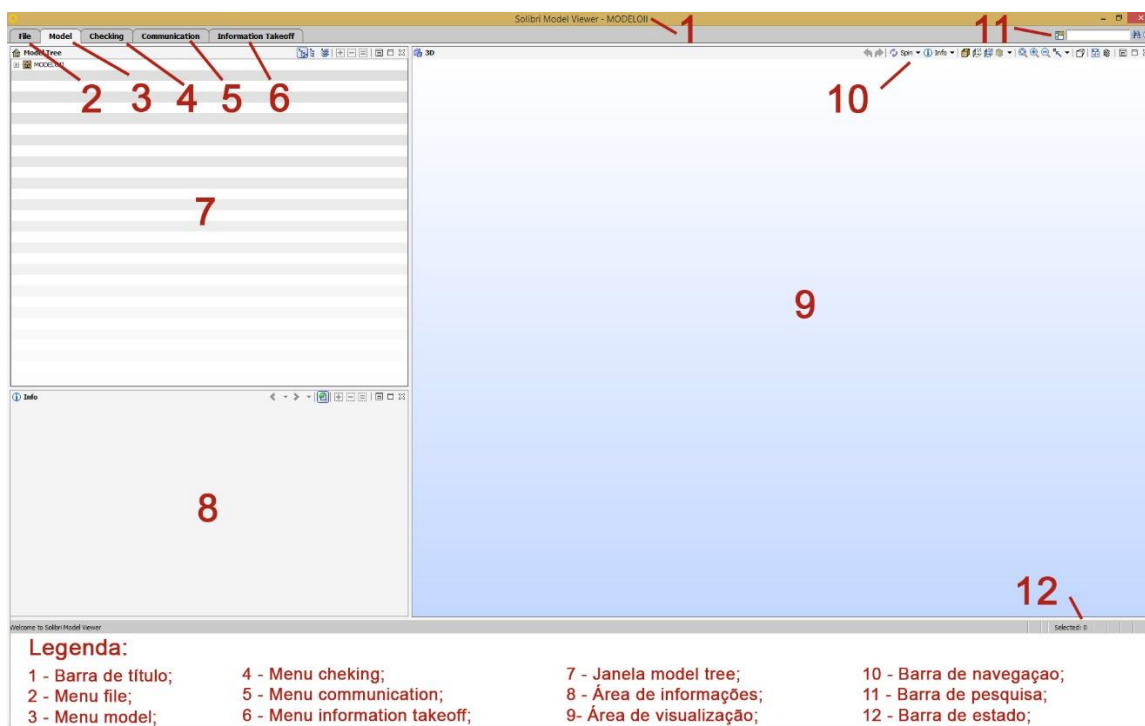


Fig. 4.9 – Interface do Solibri Model Viewer

#### 4.3.3. ABRIR E VISUALIZAR O MODELO IFC NO SOLIBRI MODEL VIEWER

Para importar um modelo IFC no Solibri recorre-se ao *Menu File* e através do comando *Open Model* é possível abrir corretamente o modelo pretendido. A importação em Solibri demora em média 30 segundos, não apresentando qualquer tipo de relatório de importação. É possível observar na figura 4.10 à direita o modelo IFC após a sua importação para o Solibri. Nesta figura pode-se antes de mais constatar a correta forma geométrica e sem quaisquer falhas dos elementos contidos no modelo. Apesar de também se constatar a impossibilidade de importação das texturas existentes no ficheiro ArchiCAD é possível observar que a maior parte das cores associadas às texturas foram corretamente associadas aos elementos do modelo da figura 4.10.

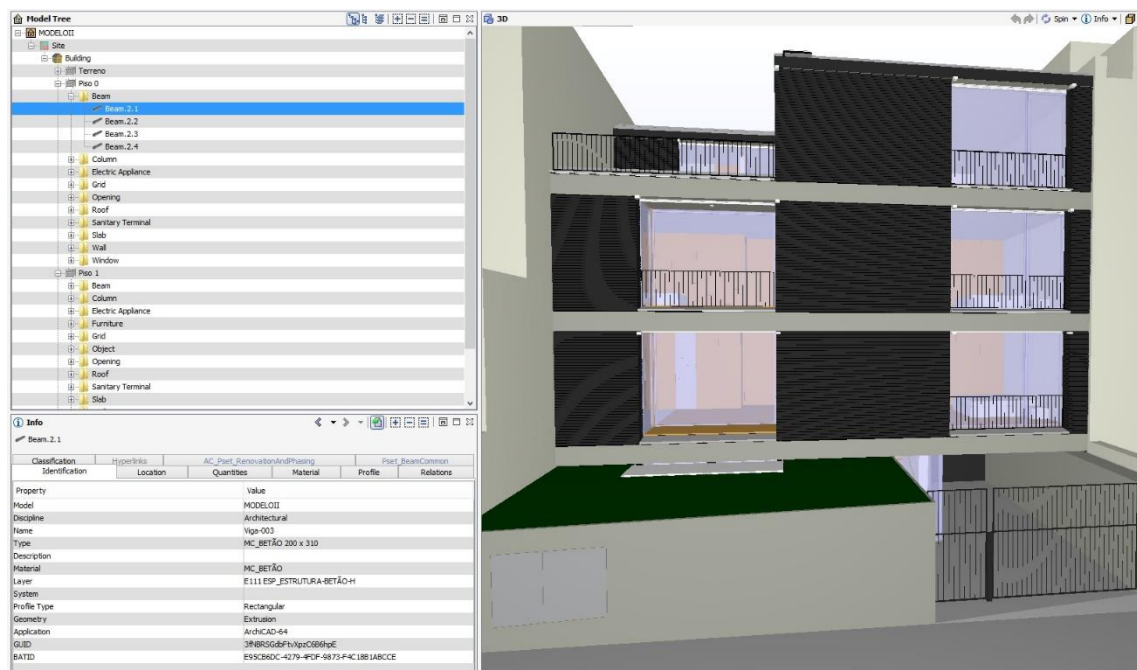


Fig. 4.10 – Visualização do ficheiro IFC no Solibri Model Viewer

A observação e exploração do modelo é feita recorrendo à barra de navegação do Solibri, procurando por quaisquer elementos em falta, que não fossem importados.

Além da observação simplista do modelo torna-se necessário verificar o tipo de informação associada a cada elemento e existente no ficheiro IFC. Tal verificação é realizada recorrendo à janela *Model Tree* e à área de informações representadas à esquerda na figura 4.10. Na janela *Model Tree* são listados os vários elementos importados no ficheiro IFC, estes encontram-se devidamente separados por categorias-tipo IFC e por pisos. Selecionando um destes elementos representados na janela *Model Tree* torna-se possível observar todas as informações associadas a este na sua área de informações.

Na figura 4.10 encontra-se selecionada na janela *Model Tree* uma viga relativa ao piso 0. Desta viga o conjunto de informações apresentado revela-se bastante abrangente. Destas informações podem-se retirar informações como o seu nome, o seu material, a sua forma geométrica, dimensões, o *software* usado na sua criação, entre outras. De modo a visualizar as informações de qualquer outro elemento existente no modelo, é também possível selecionar o elemento desejado a partir da representação 3D existente na área de visualização.

A partir desta análise simplista recorrendo ao Solibri verifica-se assim que apesar da impossibilidade de importação de texturas o modelo IFC contém a geometria corretamente representada associada a cores correspondentes aos elementos desenhados bem como a informações que permitem a caracterização rigorosa de cada elemento.

#### 4.4.AUXILIAR SKETCHUP AO PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

##### 4.4.1. INTORDUÇÃO AO SKETCHUP

Para que seja realizada uma correta aplicação das instalações hidráulicas em Revit é necessário uma consulta paralela ao projeto de arquitetura de forma a esclarecer quaisquer dúvidas resultantes deste. Poder-se-ia ter optado por ter a ArchiCAD como ferramenta de visualização do projeto de

arquitetura uma vez que este foi realizado com esta ferramenta, no entanto devido ao elevado consumo de recursos que um software BIM requer foi selecionado um software menos pesado. A ferramenta selecionada para esta leitura complementar foi o Sketchup Make. O Sketchup Make é a versão gratuita do *software* da empresa Trimble Navigation e é obtida a partir do site <http://www.sketchup.com/> (Sketchup, 2015). No presente caso de estudo foi usada a versão 15.3.331 em ambiente Windows 64 bits.

#### 4.4.2. INTERFACE DO SKETCHUP

Ao iniciar o Sketchup o utilizador é confrontado com uma janela inicial onde seleciona o *template* no qual deseja trabalhar. Por *template* em Sketchup entende-se um conjunto de configurações base iniciais que ficarão associadas ao ambiente de trabalho. O *template* utilizado ao longo do caso de estudo é o *Simple Template – Meters*, sendo aquele que é o mais adequado quando se trabalha em unidades métricas. Após a janela inicial de seleção do *template* o utilizador é confrontado com a interface do Sketchup. Esta caracteriza-se por ser uma interface simples e bastante intuitiva, possibilitando desde logo uma aprendizagem e rápida abordagem ao *software*. À semelhança de outros tipos de *software* a interface do Sketchup possibilita liberdade de personalização ao utilizador, de forma a que esta se adapte da melhor forma a um determinado projeto em curso.

A figura 4.11 apresenta o aspeto geral da interface Sketchup considerada no presente caso de estudo, sendo constituída por diferentes secções que serão seguidamente listadas, em correspondência com a figura 4.11, seguidas da explicitação das suas principais funções:

- 1) Barra de título – informa qual o nome do modelo, seguido pelo nome do *software*;
- 2) Barra de menus – possibilita o acesso aos vários menus e comandos existentes;
- 3) Barra de ferramentas básica – contem os comandos básicos á criação e visualização de um projeto;
- 4) Barra de ferramentas avançada – contem de uma forma mais completa os comandos que possibilitam a criação, anotações, medições e visualização de um projeto e que se encontram de forma mais limitada existentes na barra de ferramentas básica;
- 5) Barra de estado – contem opções de geo-localização, autoria e ajuda na utilização do *software*;
- 6) Barra de medições – apresenta o resultado de qualquer medição que esteja a ser efetuada;
- 7) Área de desenho- Área em que é possível desenhar, editar e visualizar um modelo, correspondendo à área de trabalho e desenvolvimento de um projeto;
- 8) Janelas auxiliares – Janelas complementares onde podem ser observados os diferentes elementos, materiais e informações utilizados num determinado projeto, a estas poderão ser acrescentadas outras mais específicas;



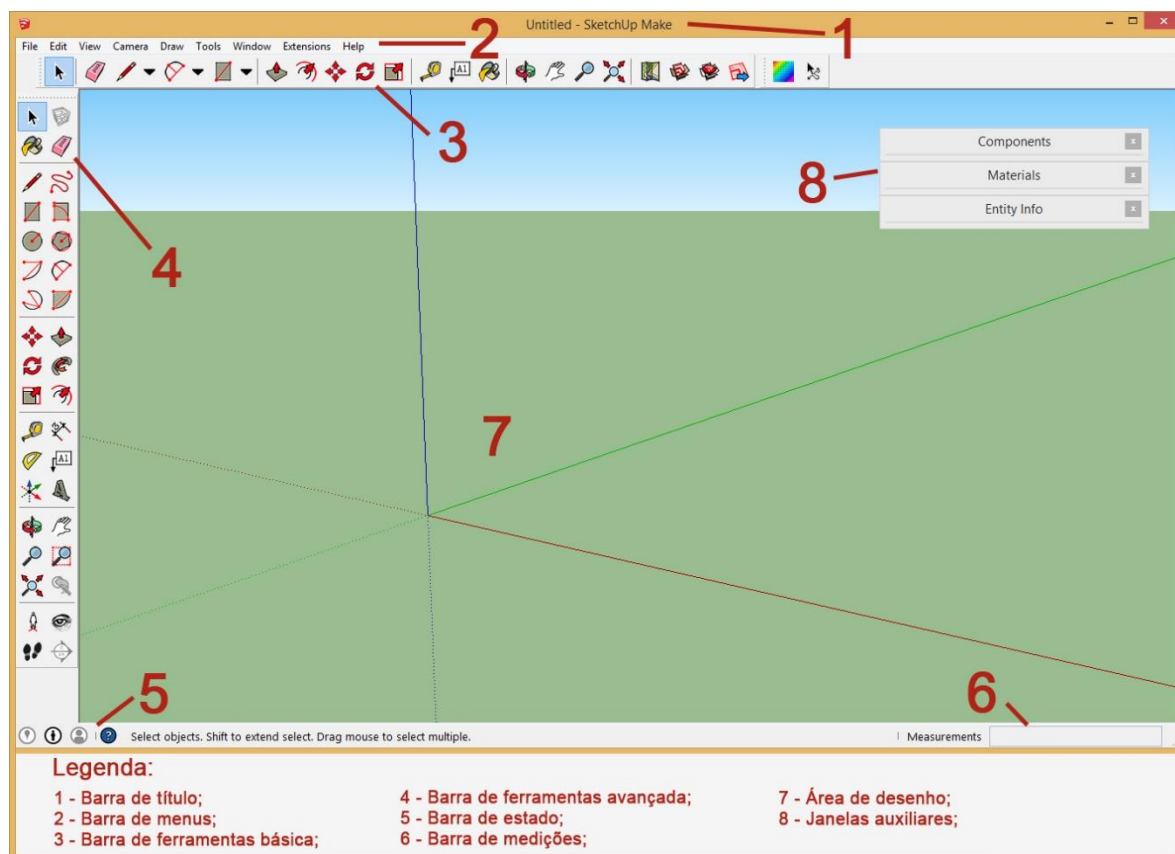


Fig. 4.11 – Interface Sketchup Make

#### 4.4.3. ABRIR E VISUALIZAR O MODELO EM SKETCHUP

De forma a abrir o ficheiro IFC criado é necessário fazer a sua importação para o Sketchup. A importação do ficheiro é conseguida pela barra de menus recorrendo aos comandos *File*, *Import*. De seguida aparece uma janela de procura do ficheiro, o qual após selecionado é possível ser importado através do comando abrir. Após a importação é ainda aberta uma janela informativa com todos os elementos presentes na categorias-tipo IFC importados, não apresentando contudo qualquer relatório de erros. O ficheiro demora em média 5 minutos a ser importado e apresenta um tamanho de 65 MB, o que para ambiente Sketchup é um tamanho aceitável ao bom funcionamento de navegação e visualização.

Na figura 4.12 é possível observar o aspeto geral de um corte efetuado em Sketchup realizado ao nível do piso 1. O comando utilizado para realizar cortes em Sketchup é denominado de *Section Plane* e corresponde ao último comando da barra de ferramentas avançada, encontrando-se selecionado na figura 4.12 no canto inferior esquerdo. O comando *Section Plane* permite realizar cortes em qualquer angulo e em qualquer local do projeto existente, tendo apenas como desvantagem a execução de apenas um corte individual de cada vez que o utilizador utiliza este comando. Deste modo um utilizador que pretenda executar dois cortes em simultâneo encontra no Sketchup uma limitação.

A navegação utilizada em Sketchup recorre fundamentalmente aos últimos 10 comandos existentes na barra de ferramentas avançadas sendo um deles o já referido comando *Section Plane*. Relativamente aos outros 9 comandos o utilizador tem a possibilidade de orbitar em torno do projeto, mover a câmara horizontalmente ou verticalmente posicionar a câmara num dos pontos existentes no modelo, caminhar virtualmente pelo projeto e ainda aceder a diferentes tipos de *zoom*. Alguns dos

comandos de navegação existentes no Sketchup estão associados a botões do rato tornando a navegação bastante intuitiva ao utilizador.

Também na figura 4.12 é possível observar o aspeto geral do resultado da importação do ficheiro IFC para o ambiente Sketchup. Nesta importação é possível observar que os elementos são geometricamente bem definidos e que existe uma correta associação das cores dos materiais utilizados.

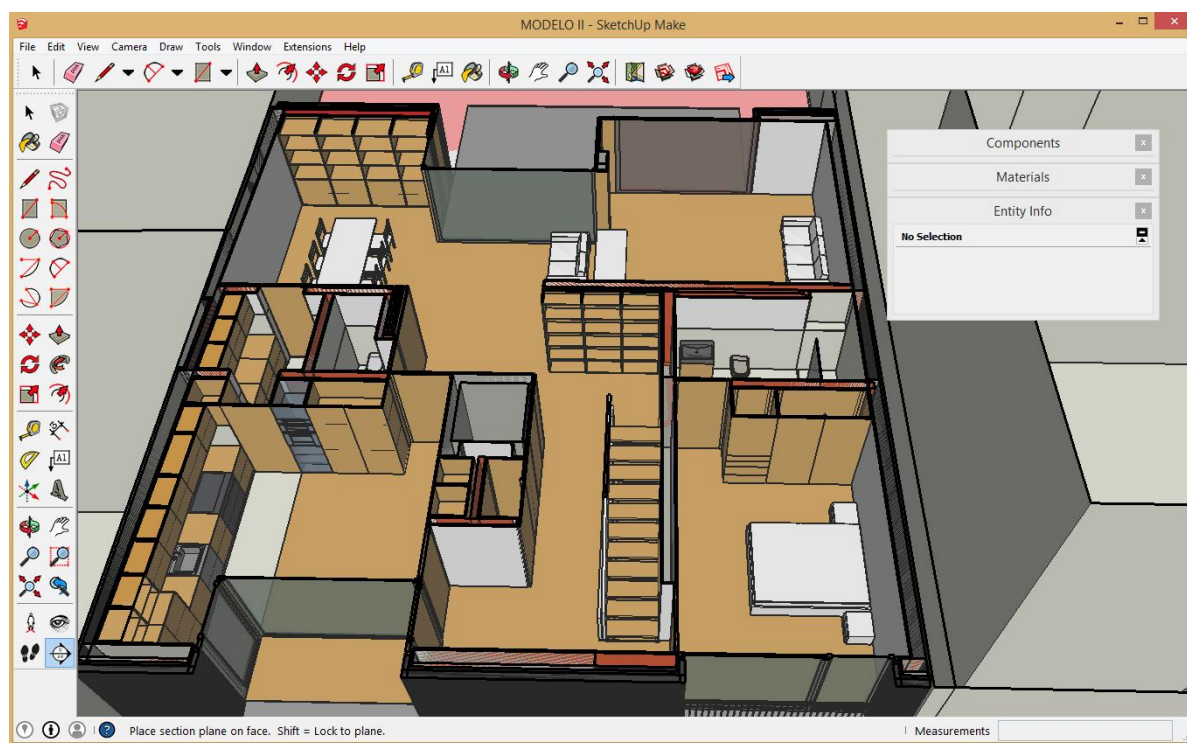


Fig. 4.12 – Corte ao nível o piso 1 em Sketchup

Relativamente à correta importação e visualização de informações associadas ao projeto IFC o Sketchup apresenta-se mais limitativo em comparação ao Solibri. A figura 4.13 demonstra o tipo de informações que é possível obter e a sua forma de apresentação em ambiente Sketchup. Para obter informações acerca de algum elemento do projeto IFC é utilizado o comando *select* da barra de ferramentas e com este seleciona-se o elemento pretendido. Na figura 4.13 o elemento selecionado foi uma viga pertencente à laje do piso 1. Após a seleção do elemento pretendido, as informações deste são apresentadas na janela *Entity Info* existente nas janelas auxiliares. A janela *Entity Info* apresenta 5 informações relativas ao elemento selecionado, sendo estas: a camada em questão, o nome do elemento, definição do elemento, categoria tipo IFC, e volume em m<sup>3</sup>. Ainda em relação o elemento selecionado a janela *Entity Info* apresenta a cor deste bem como algumas opções de visualização.

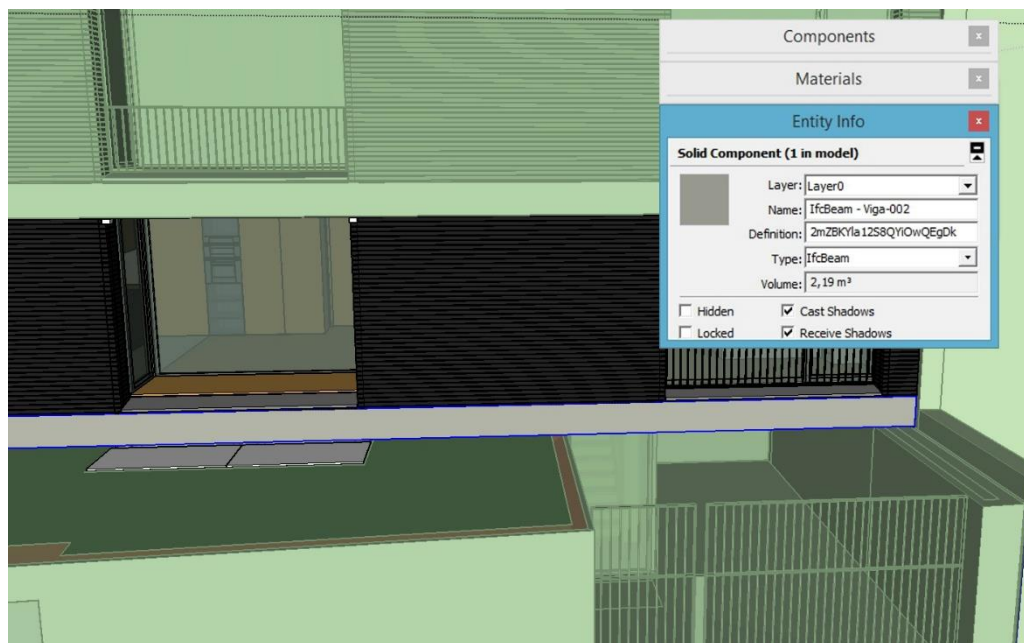


Fig. 4.13 – Elemento selecionado e suas informações relativas

Com o Sketchup o utilizador tem a possibilidade de uma navegação rápida e intuitiva. Embora as informações associadas aos diferentes elementos se revelem algo limitadas, com o uso do Sketchup há a possibilidade de criação de cortes, em oposição ao encontrado na interface do Solibri.

No presente caso de estudo o Sketchup é a ferramenta designada como auxiliar de leitura do projeto de arquitetura uma vez que a par com a simplicidade e execução de cortes advém outro fator relevante quando comparado com o ArchiCAD. Nas empresas de construção dificilmente se encontra uma que possua os softwares ArchiCAD e Revit em simultâneo, devido ao peso económico que acarretam. Deste modo a implementação das instalações hidráulicas foi realizada de modo a recorrer apenas a um *software* pago (Revit), auxiliado sempre que necessário por um gratuito (Sketchup), permitindo deste modo a obtenção de uma possível forma mais realista de implementação de um trabalho deste tipo. O *software* Sketchup foi também selecionado como auxiliar ao Revit uma vez que permitiu a modelação de alguns elementos associados ao projeto de instalações.

## 4.5. IMPLEMENTAÇÃO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS EM REVIT

### 4.5.1. INTRODUÇÃO AO REVIT

Após a conversão do projeto de arquitetura num ficheiro ArchiCAD e a sua correta verificação de possíveis erros recorrendo ao Solibri é possível iniciar a implementação do projeto das instalações hidráulicas em ambiente Revit.

Para utilização do Revit no processo de implementação das instalações hidráulicas, prevê-se uma abordagem inicial à interface deste, uma vez que desta dependem todos os procedimentos e formas de trabalho escolhidas e implementadas ao longo do processo.

Das conclusões que vão sendo retiradas acerca da interface em Revit há que considerar antes de mais a utilização simultânea deste a par com o já mencionado Sketchup Make de forma a auxiliar

dúvidas de projeto, bem como do software AutoCAD para leitura de projeto que poderia ser substituído pela impressão em papel do mesmo.

O software Revit foi obtido recorrendo a uma conta estudante através do link <https://accounts.autodesk.com/>, (Autodesk, 2015a). A versão utilizada é a versão em Inglês da Autodesk Revit 2015 em ambiente Windows 64 bits.

Na impossibilidade de discussão de todas as ferramentas e caminhos a serem usados optou-se por uma apresentação das ferramentas mais utilizadas ao longo do caso de estudo, podendo no entanto existir diferentes formas de trabalho e de aplicação das diferentes redes de instalações.

#### 4.5.2. INTERFACE DO REVIT

Após iniciar o Revit o utilizador é confrontado com a sua interface, sendo esta fundamentalmente constituída por duas secções distintas. A primeira secção com a qual o utilizador é inicialmente abordado é a interface base representada na figura 4.14. A interface base tem como função fundamental seleccionar o tipo de trabalho que o utilizador pretende realizar sendo separada em duas secções distintas.

A primeira secção, representada na figura 4.14 por 1 é relativa aos projetos em Revit e denomina-se *Projects*. Nesta é possível seleccionar, a partir das diferentes janelas existentes na secção, os projetos mais recentemente abertos. Ainda é possível seleccionar através do comando *Open* outro projeto que não se encontre na lista dos projetos recentes. Para iniciar um novo projeto recorre-se ao comando *New* existente na mesma secção *Projects*.

A segunda secção, representada na figura 4.14 por 2 é relativa às *Families*. Esta é relativa a um termo utilizado pelo jargão específico do Revit e que designa de forma geral qualquer tipo de objeto paramétrico existente no Revit (Dzambazova, T. [et al.], 2009).

Tendo em consideração a obra de (Dzambazova, T. [et al.], 2009) existem 3 diferentes tipos de *Families* seguidamente enumeradas:

- *System Families* – São como o nome indica *Families* que estão inerentes ao ambiente do projeto. Estas podem ser paredes, tubagens, vigas e são criadas a partir da duplicação de outras existentes não podendo ser criadas pelo editor de *Families* representado em 2 na figura 4.14.
- *Component Families* – São *Families* criadas, editadas e partilhadas fora do ambiente de projeto, tendo o seu próprio formato, designado *.rfa*. Estas podem ser criadas a partir da duplicação de outras ou de raiz a partir de um *template* recorrendo em ambos os casos ao *Family Editor* através da secção 2 da interface base representada na figura 4.14.
- *In-Place Families* – São objetos únicos existentes num projeto, podendo ser editadas através do *Family Editor*, mas estando sempre associadas a um único projeto.

A secção *Families* à semelhança da secção *project* apresenta um conjunto de janelas de rápido acesso às últimas *Families* abertas. Ainda é possível, na mesma secção, criar uma nova Family ou abrir uma já existente, ou ainda recorrer a um conjunto *online* de *Families* existentes através do comando Autodesk Seek.

Ainda na figura 4.14 é possível a janela 3, que incorpora um conjunto de opções de ajuda e explicações da utilização do *software*.

Através do comando New na secção Project e após seleccionar o *template* desejado o utilizador é confrontado com a interface geral do Revit representada na figura 4.15. Esta é a interface *standard* da versão utilizada na aplicação do caso de estudo, podendo apresentar diferenças significativas dependendo da versão utilizada, bem como no uso de *add-ons*.

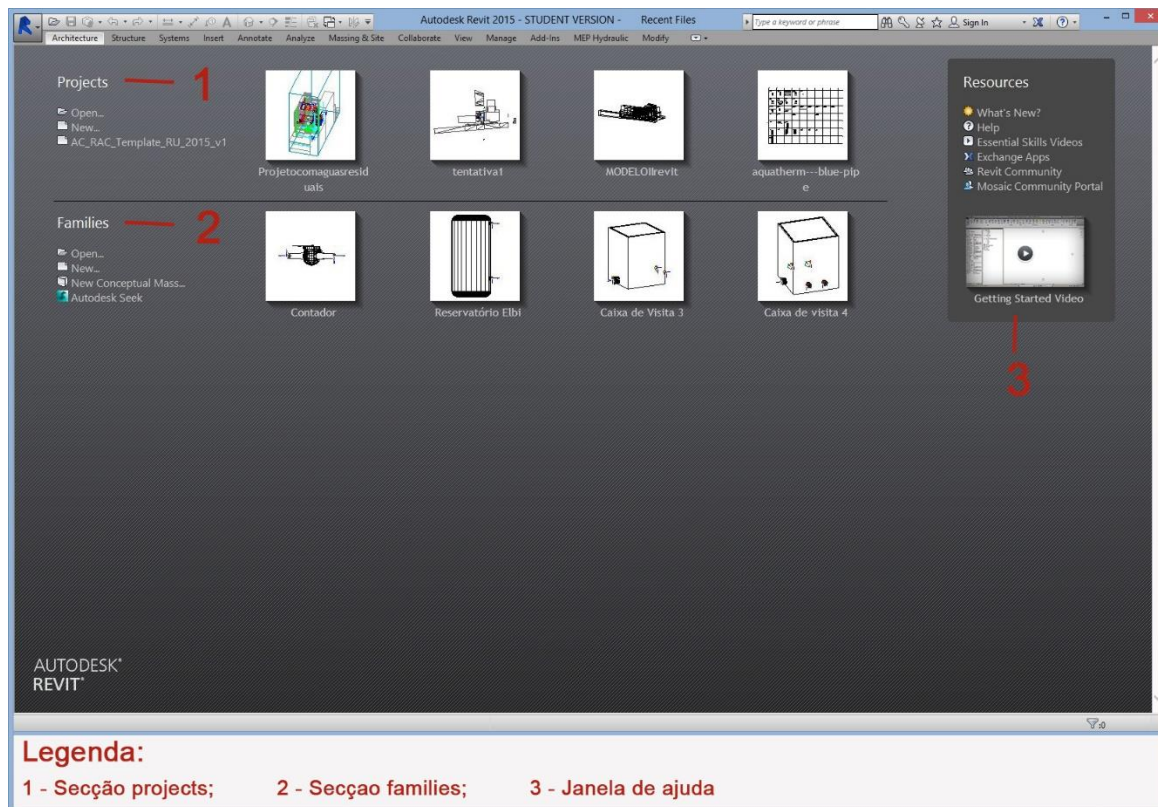


Fig. 4.14 – Interface base do Revit

As diferentes secções apresentadas na figura 4.15 são seguidamente listadas e posteriormente explicitadas, correspondendo a respetiva numeração em lista à equivalente na figura 4.15:

- 1) Barra de título;
- 2) Menu Aplicação;
- 3) Barra de rápido acesso;
- 4) Barra de centro de informações;
- 5) Ribbon;
- 6) Janela de Propriedades;
- 7) Janela de Navegação;
- 8) Barra de controlo de visualização;
- 9) Barra de opções;
- 10) Barra de estado;
- 11) Área de desenho;
- 12) Barra de navegação;



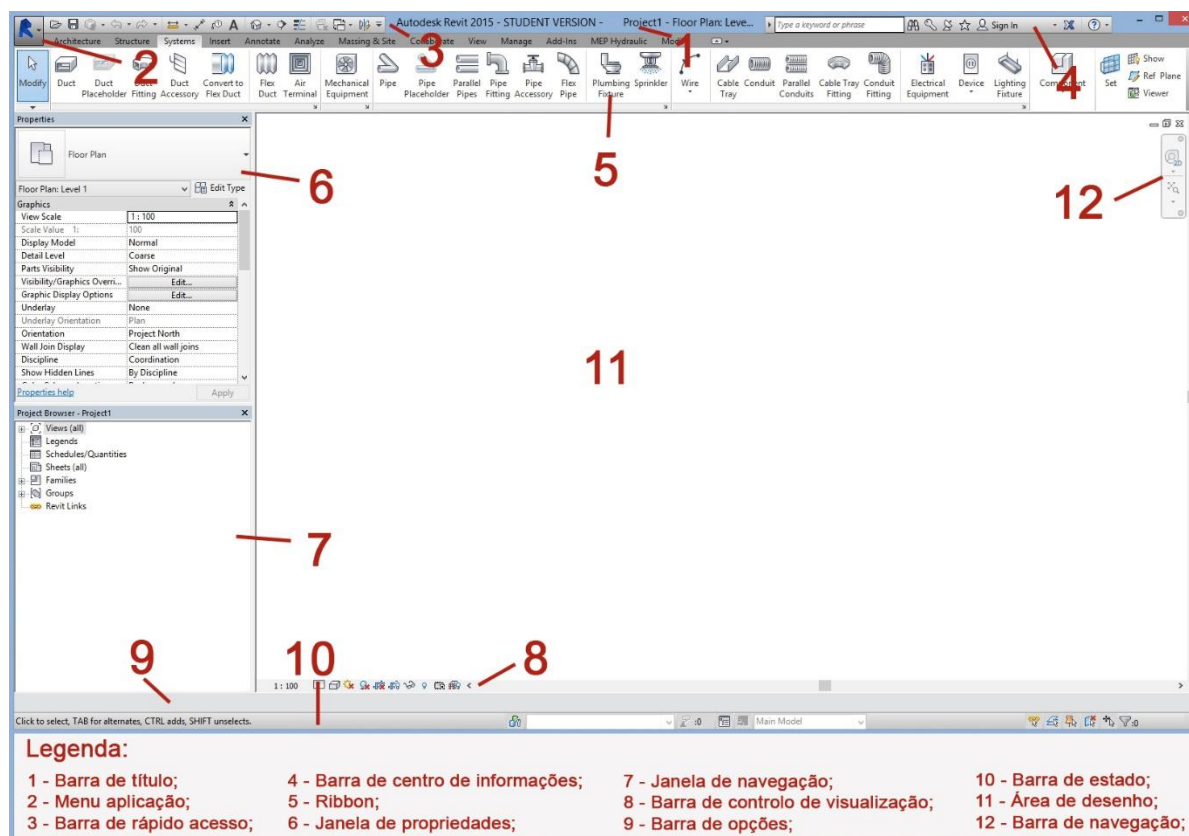


Fig. 4.15 – Interface geral do Revit

A barra de título contém a informação relativa à versão do *software* a ser usado, bem como o nome do projeto em execução e ainda o nome da vista aberta na área de desenho.

O menu aplicação é acessado após a seleção do ícone representado pela letra R na figura 4.15. No menu aplicação é possível gerenciar algumas opções fundamentais, tais como: abrir e criar projetos e objetos paramétricos (*families*), salvar e exportar o projeto mediante diferentes opções, acesso a opções de publicação e impressão, acesso a informações de licença, fechar projetos e ainda acesso a diferentes opções relativas ao Revit.

A barra de rápido acesso corresponde à localização dos diferentes comandos mais utilizados no Revit ao longo de um projeto. Comandos de abrir, salvar, retroceder, medir, acesso a vista 3D, criação de cortes estão incluídas na barra de rápido acesso, podendo ainda esta ser personalizada pelo utilizador.

A barra de centro de informações reúne um conjunto de opções para ajuda na utilização e informações acerca de desenvolvimentos relativos ao *software*.

O Ribbon é fundamentalmente uma barra de menus onde todos os comandos e ferramentas se encontram catalogados e armazenados, sendo fundamental à criação e edição de qualquer projeto. O Ribbon é organizado segundo diferentes abas, estando estas pensadas de forma a serem usadas sequencialmente ao longo da edição de um projeto. Na figura 4.15 é possível observar que a aba em utilização é a *Systems* que corresponde a sistemas MEP, sendo esta de grande utilidade ao longo do presente caso de estudo. O Ribbon pode ser personalizado pelo utilizador conforme diferentes necessidades de trabalho, na figura 4.15 é a apresentada a sua forma geral e que foi adotada na implementação das várias instalações.

A janela de propriedades é o local onde as informações e propriedades de determinado elemento selecionado são visíveis e podem ser editadas. A janela de propriedades será importante na criação e edição de qualquer elemento associado ao projeto uma vez que é este o local em que existe a ponte entre o modelo 3D e a informação associada a este.

A janela de navegação funciona como uma espécie de mapa de um determinado projeto aberto, constituindo o local principal onde é possível a navegação entre as diferentes vistas, *families*, documentos de projeto, *links* existentes, entre outros.

A barra de controlo e visualização corresponde a uma secção gráfica bastante importante relacionando-se com uma determinada vista em visualização. Esta barra é uma barra de rápido acesso a algumas opções gráficas mais utilizadas, que podem ser: escalas, níveis de detalhe, estilos de visualização, existência de sombras, entre outros.

A Barra de opções, tal como é possível observar pela figura 4.15 encontra-se vazia, tal ocorre uma vez que nenhum elemento se encontra selecionado ou a ser criado. Encontrando-se determinado elemento selecionado ou em edição, esta barra apresenta um conjunto de opções e informações relativas a este.

A barra de estado contém informações relativas a determinado elemento selecionado, dando possíveis indicações de caminhos que poderão ser tidos em consideração durante a edição deste.

Área de desenho corresponde à janela onde podem ser visualizadas as diferentes vistas selecionadas através da janela de navegação. Esta área possibilita a visualização e edição em diferentes vistas simultâneas, correspondendo à área que interage com as diferentes opções de visualização, navegação e edição.

A barra de navegação apresenta diferentes formas consoante a vista aberta na área de desenho seja uma vista 2D ou 3D. Esta barra permite ao utilizador o uso de diferentes opções de perspetiva, *zoom*, rotação, entre outras.

#### 4.5.3. IMPORTAÇÃO DO PROJETO PARA REVIT

Para abrir um ficheiro IFC no Revit o utilizador necessita de selecionar o comando *New* a partir da interface base, após o qual seleciona um *template* de trabalho de forma a entrar na interface geral.

*Templates* são desenhos vazios pré-configurados possibilitando, cada vez que se inicia um projeto, a existência de um ponto de partida, constituindo assim uma forma de garantir que os projetos tenham um aspeto similar sempre que se usa o mesmo *template*. Um *template* possui um tipo de ficheiro próprio (*.rte*) e guarda em si inúmeras informações de partida como é o caso das unidades (Dzambazova, T. [et al.], 2009). O *template* selecionado para o caso de estudo foi o *DefaultMetric.rte*. Na interface geral o utilizador dispõe do menu aplicação, que após selecionado basta optar escolher comandos *Open* e *IFC* e selecionar o ficheiro IFC. No presente caso de estudo foram importados 6 ficheiros diferentes através deste processo, correspondendo estes aos exportados em ArchiCAD segundo várias opções e indicados na tabela 4.1. Os ficheiros importados segundo as diferentes opções geram erros e avisos durante a sua importação para Revit, estando estes explicitados na tabela 4.2. Cada importação, relativa à tabela 4.2 tem uma duração média de 30 minutos, sendo este tempo de espera considerado significativo quando se pretende a aplicação deste procedimento em ambiente laboral numa determinada empresa.

Tabela 4.2 – Diferentes importações IFC efetuadas em Revit e erros e avisos resultantes

<b>Export:</b>	<b>Entire Model (modelo completo)</b>			<b>Visible Elements (elementos visíveis)</b>		
<b>Translator:</b>	<i>General Translator</i>	<i>Data Exchange with Autodesk Revit MEP</i>	<i>Data Exchange with Autodesk Revit Structure</i>	<i>General Translator</i>	<i>Data Exchange with Autodesk Revit MEP</i>	<i>Data Exchange with Autodesk Revit Structure</i>
<b>Erros:</b>	3	1	3	3	1	3
<b>Avisos:</b>	111	28	77	111	28	77

Através da observação da tabela 4.2 é possível verificar que durante a importação, quer se esteja a trabalhar com o modelo completo IFC ou com os elementos visíveis, os resultados são equivalentes. Também se verifica que na importação o *translator* no qual ocorre menos erros é o relativo ao Autodesk Revit Mep. Sendo também este *translator*, como já verificado pela tabela 4.1, aquele que mais erros contem durante o processo de exportação.

Após cada importação o Revit apresenta mensagens relativas a cada erro e aviso encontrados, no caso dos avisos variando consideravelmente consoante o *translator* utilizado. A mensagem dos erros detetados é invariável nas 6 diferentes importações utilizadas e refere-se a cortes que não atravessam qualquer elemento. Relativamente aos avisos mais comuns encontrados, estes referem-se a paredes sobrepostas, e erros de operações booleanas entre os diferentes elementos.

A importação escolhida para acompanhar o processo de implementação das instalações hidráulicas foi a que reúne as opções: importação do modelo completo e o uso do *general translator*. Esta opção apesar de ser a mais desfavorável a ser importada para Revit, tendo associada a si 3 erros e 111 avisos, foi a selecionada uma vez que a par do Revit foi também usado o Sketchup, e sendo o *general translator* um *translator* associado para casos mais gerais ponderou-se a sua utilização.

Após a importação do ficheiro IFC selecionado e revisto o relatório de importação são ignorados os erros apresentados de forma a ser possível continuar a abrir o ficheiro. Na figura 4.16 é possível observar as características gerais do modelo importado em ambiente Revit, sendo também notória a correta associação de cores do projeto original de arquitetura.

A partir do modelo importado poder-se-ia iniciar a implementação das instalações hidráulicas, no entanto esta não é a forma mais correta para se iniciar um projeto de especialidade de engenharia. Ao desenvolver determinado projeto de especialidade, através do modelo importado, após o procedimento descrito pode originar a ocorrência de erros bastante graves uma vez que no modelo importado existe a possibilidade de edição de qualquer elemento previamente criado. Um projetista de especialidade poderá acidentalmente apagar determinados elementos, bem como editar outros, colocando o projeto de arquitetura alterado da sua forma original, perdendo o rigor da informação importada. Estes erros poderão influenciar a forma do projetista interpretar a especialidade de arquitetura e consequentemente induzir em erros na elaboração do projeto de especialidade. Além do mais, erros destes poderão ser transmitidos após a exportação do projeto final em Revit. Na figura 4.16 é também possível observar alguns erros propositadamente realizados para ilustrar esta situação. Dos erros da figura 4.16 é possível observar que as janelas do piso 1 encontram-se apagadas, bem como um dos gradeamentos de varanda



do piso 2. Na figura 4.16, além dos erros discutidos existem outros erros existentes nas propriedades dos materiais existentes no interior do piso 1, levando à distinção de cor existente nas paredes em relação ao chão.



Figura 4.16 – Aspeto geral do ficheiro importado e alguns erros possíveis de ocorrer durante a edição

De modo a contornar possíveis erros e alterações ao projeto de arquitetura que possam ocorrer durante a implementação das instalações hidráulicas recorreu-se a um procedimento que possibilita a proteção do ficheiro IFC. A estratégia deste procedimento consiste em estabelecer um *link* de comunicação entre o projeto de arquitetura e o de instalações protegendo a informação contida no primeiro.

Para implementar este procedimento é necessário salvar inicialmente o ficheiro importado, em formato Revit (.rvt), para isto recorreu-se ao menu aplicação, utilizando os comandos *Save As* e *Project*. Após o ficheiro estar guardado, fecha-se este projeto que diz respeito à arquitetura com vista à criação de um novo projeto relativo às instalações separado do de arquitetura. Através da interface base segue-se o mesmo procedimento descrito anteriormente para criação de um novo projeto. No presente caso de estudo ao criar este novo projeto foi selecionado um *template* diferente do já referido *DefaultMetric.rte*, selecionando-se desta vez o *template Plumbing-Default\_Metric.rte*. O *template* selecionado encontra-se configurado com unidades métricas e opções gráficas próprias de um projeto de instalações hidráulicas.

O segundo passo a ter em atenção neste procedimento é o de estabelecer uma conexão de informação entre o projeto de instalações e o projeto de arquitetura, tal é conseguido através da aba *insert* presente no *Ribbon* e representada na figura 4.17. A aba *insert* possui 3 comandos para efetuar *links*: *link Revit*, *link IFC* e *link CAD*, estando à partida o *link* para CAD excluído, restam duas opções. A opção de utilizar o comando *link IFC* não foi considerada pois o tempo gasto em importar informação IFC apresenta-se de forma geral mais demorado do que importar informação em formato Revit .rvt. Deste modo o

comando selecionado foi o *link Revit*. Contudo se fosse escolhido o comando *link IFC* o primeiro passo, de importar o modelo IFC para de seguida salvar em ficheiro Revit *.rvt*, seria desnecessário. Selecionou-se deste modo o comando *link Revit* após o qual surge uma janela de importação, representada sob a área de desenho na figura 4.17. A partir desta janela de importação seleciona-se o ficheiro *.rvt* previamente salvado, tendo o utilizador algumas opções de importação relacionadas com o posicionamento de importação do modelo. No presente caso de estudo, entre estas opções, foi selecionada a opção *Auto – Origin to Origin* representada na janela de importação na figura 4.17. Na figura 4.17 é também representado o comportamento do Revit perante uma importação, este através da barra de estado fornece ao utilizador informações acerca da importação que se encontra em curso.

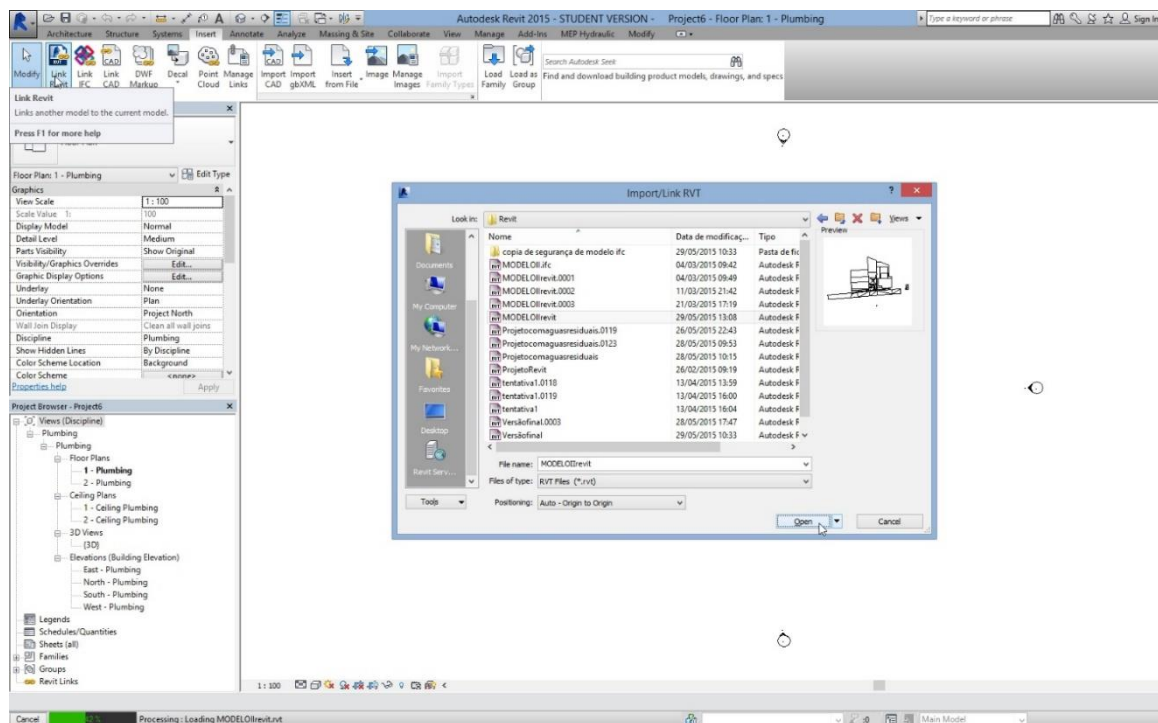


Fig. 4.17 – Importação de um ficheiro *.rvt* a partir de um *link*

Após o modelo importado a partir do *link Revit* há ainda que efetuar um último passo de modo a proteger o ficheiro, para isso seleciona-se o modelo e recorrendo à aba *Modify* do *Ribbon* é possível ver o comando *Pin*. Após a seleção do comando *Pin* todo o modelo importado fica bloqueado de qualquer ação, seja ela mover objetos, eliminar ou editar.

#### 4.5.4. OPÇÕES GRÁFICAS DE VISUALIZAÇÃO EM REVIT

Com o modelo corretamente importado de modo a permitir a segurança dos dados nele contido o utilizador está em condições de escolher o melhor modo de personalizar a sua forma de trabalho em relação à apresentação visual.

Todas as opções gráficas realizadas no caso de estudo foram sendo alteradas em diferentes fases, existindo sempre uma forma preferencial de se trabalhar quando se está a executar uma determinada tarefa específica do projeto. Estas variam consoante a forma de trabalho e gosto individual do projetista.

Ao nível das opções gráficas, no presente caso de estudo, foram efetuadas algumas alterações relativas à apresentação do modelo importado. Tendo escolhido o *template* adequado às instalações,

verifica-se que o projeto de arquitetura surge representado com linhas demasiado transparentes. Este *template* mostra no entanto elementos relativos a equipamentos como mobiliário fixo que é interpretado como se de instalações tratasse encontrando-se desenhados com linhas bastante nítidas. As diferenças entre a representação dos equipamentos e da arquitetura podem ser observadas pela figura 4.18. Considerando-se importante uma relevância de representação os equipamentos de instalações mas não menosprezando o papel da arquitetura optou-se por tornar as linhas relativas a elementos de arquitetura ligeiramente mais nítidas. Tal foi conseguido pela aba *Manage* do *Ribbon* através da ferramenta *Additional Settings* e seleccionando o comando *Halftone/Underlay*. O comando *Halftone /Underlay* possibilita a modificação de espessuras de linhas bem como da sua transparência, estes parâmetros dependerão sempre da metodologia de trabalho do utilizador e no presente caso de estudo foram definidos após várias tentativas, obtendo o resultado gráfico representado na figura 4.18.

Na figura 4.18 é também possível observar uma particularidade importante do *template* seleccionado, que se prende com o modo de representação do projeto de arquitetura. O *template* seleccionado (*Plumbing-Default\_Metric.rte*) ao ser otimizado para o projeto de instalações faz com que apenas os objetos relativos às instalações possam ser apresentados a traço sólido e com cores relativas ao seu aspeto físico real. Se o *template* seleccionado fosse o *DefaultMetric.rte*, todo o modelo seria possível de ser apresentado com faces sólidas e cores respetivas, tal como representado na figura 4.16. No entanto como o *template* escolhido foi o relativo às instalações e deste modo é possível observar, na figura 4.18 objetos como é o caso de algum mobiliário da cozinha bem como pias de lavatório e banheira que ao serem associados a objetos relativos a instalações, aparecem representados com cores e com faces solidas. O facto de não se ter encontrado uma forma de visualização a traço solido dos elementos do projeto de arquitetura constituiu um entrave à sua visualização e foi a razão principal de escolha do *software* Sketchup para auxílio paralelo à implementação das instalações no edifício.

Através da barra de controlo de visualização (figura 4.18) foi possível ao longo da implementação do projeto de instalações, alguma liberdade de visualização gráfica que o Revit possibilita. As ferramentas mais utilizadas desta barra foram as 3 primeiras relativas à escala, nível de detalhe e ao estilo visual, representadas na figura 4.18 a partir da esquerda, respetivamente.

A ferramenta de escala determina as dimensões do desenho quando este for impresso, criando assim relações visuais entre anotações e o modelo, (Dzambazova, T. [et al.], 2009). Como exemplo, uma escala de 1:1000 irá determinar anotações consideravelmente superiores em tamanho quando comparado com uma escala 1:100 de forma que estas sejam visíveis no momento da impressão. Como forma de trabalho, adotou-se de forma geral uma escala de 1:100.

A ferramenta nível de detalhe dispõe de 3 níveis distintos (*Coarse*, *Medium*, *Fine*) sendo possível ao utilizador a escolha entre um nível com menos ou mais informação relativa ao detalhe visual aparente de uma determinada vista. No presente caso de estudo o nível de detalhe mais utilizado corresponde ao *Fine*, constituindo este o mais elevado e rigoroso em informações.

Relativamente à ferramenta de estilo visual, esta foi a mais utilizada ao longo da implementação das instalações, possibilitando alterações a nível visual bastante significativas. A ferramenta de estilo visual pode ser observada na figura 4.18 e é constituída por 7 comandos distintos. Estes comandos permitem uma visualização diversificada da vista presente na área de desenho, sendo possível visualizar em *wireframe*, com a apresentação das linhas ocultas, superfície sombreada, com cores consistentes, realista e em *render* (*Ray Trace*). É ainda possível personalizar a apresentação a partir do comando *Graphic Display Options*. O comando seleccionado na apresentação visual da figura 4.18 corresponde àquele que apresenta cores consistentes com o modelo (*Consistent Colors*).

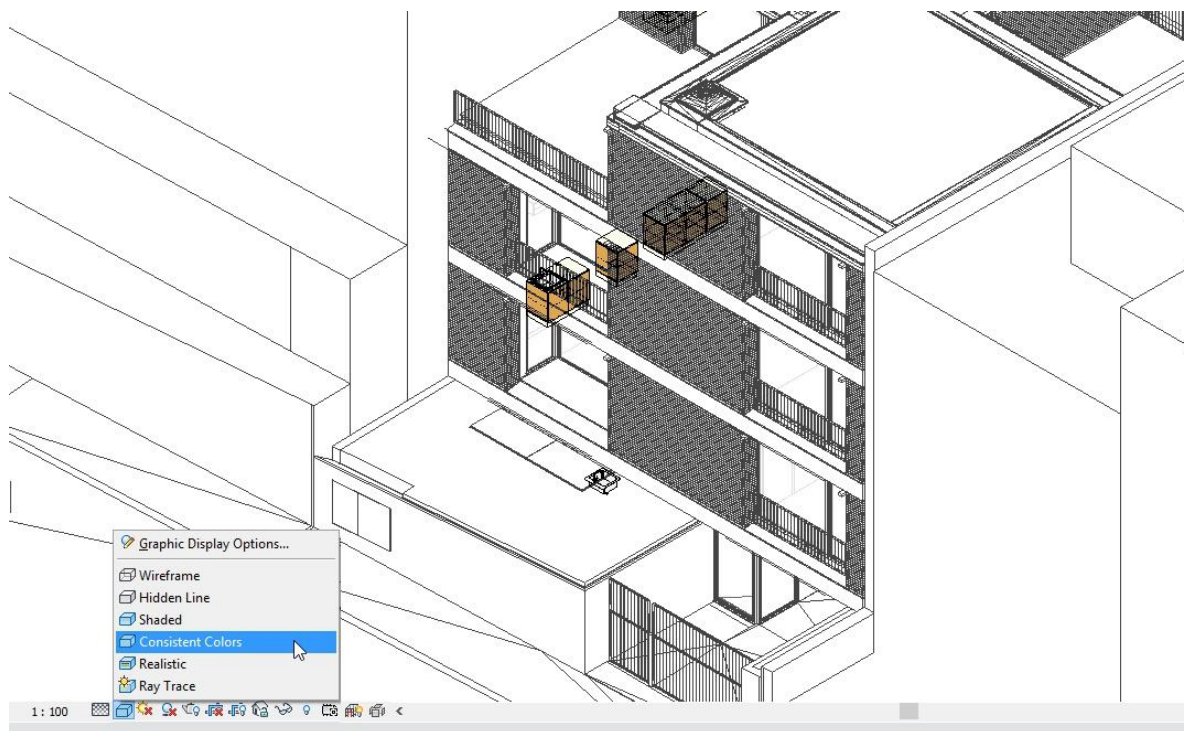


Fig. 4.18 – Aspeto gráfico do modelo importado por *link* e barra de controlo de visualização

Um comando bastante importante na visualização e criação de um projeto em Revit é o comando *Thin Lines* existente na barra de rápido acesso. Este é um comando transversal a todas as vistas e não apenas restrito a uma vista específica em utilização. Sempre que o Revit inicia apresenta as espessuras de linha reais e que são representadas durante uma impressão. Estas linhas são previamente definidas pelo Revit e servem para melhor distinguir de entre os vários elementos, aqueles que se revelem mais importantes e que devem ser mais notórios no momento de uma impressão. Embora estas correspondam a uma realidade existente num desenho impresso, tornam muitas vezes o modelo confuso na sua leitura, principalmente quando se está a trabalhar em elementos detalhados (Dzambazova, T. [et al.], 2009). Para ser possível ultrapassar as desvantagens que as espessuras reais possam causar, basta selecionar o comando *Thin Lines* para que o Revit apresente todas as linhas com a mesma espessura. Durante todo o processo de implementação das instalações este comando encontrou-se ativo uma vez que com as linhas a serem representadas pela mesma espessura todo o aspeto visual torna-se mais simplificado.

Relativamente a opções de visualização a ferramenta que foi de maior importância ao longo de todo o projeto corresponde à janela *Visibility/Graphic*. O Revit ao contrário de outras ferramentas BIM e CAD não possui um sistema de *layers*, necessitando deste modo de uma forma de organização dos elementos que fazem parte de um projeto. A forma encontrada para possibilitar toda a organização de um projeto é a criação de categorias de objetos, sendo a janela *Visibility/Graphic* que controla a visibilidade e apresentação gráfica destas categorias. A janela *Visibility/Graphic* é selecionada a partir da aba *View* presente no *Ribbon* e é apresentada na figura 4.19. Como exemplo a janela *Visibility/Graphic* permite no final do projeto de abastecimento de água desligar todas as tubagens relativas a este sem as apagar, conseguindo assim uma maior simplicidade na área de desenho. A ferramenta *Visibility/Graphic* foi sendo utilizada ao longo do projeto consoante a conveniência de visualização de que se necessitava, desligando certas categorias de objetos e ligando outras.

Ainda de forma a alterar opções de visualização relacionadas com características gráficas de visualização dos objetos existe a janela *Object Styles* que pode ser editada recorrendo à aba *Manage* do *Ribbon*. É na janela *Object Styles* que se encontra as opções de alterar a espessura de impressão das linhas relativas às diferentes categorias de objetos existentes.

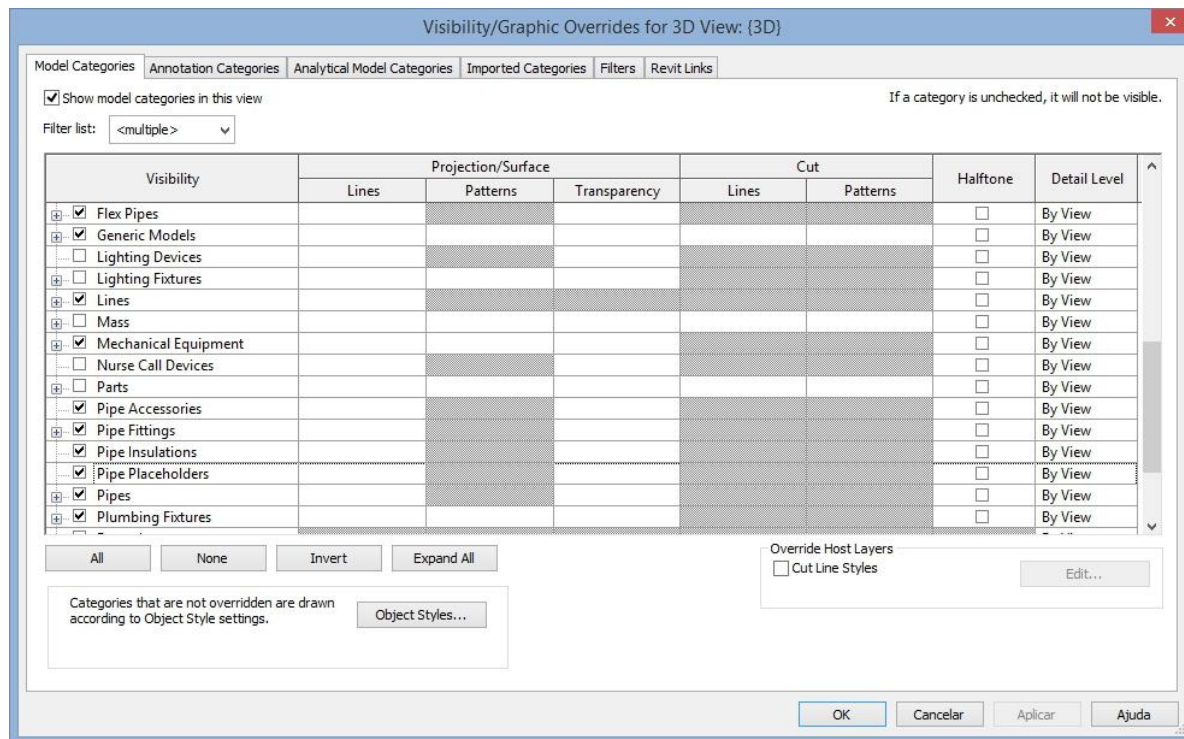


Fig. 4.19 – Janela Visibility/Graphic com as diferentes categorias de objetos

#### 4.5.5. PREPARAÇÃO INICIAL DO PROJETO EM REVIT

Quando foi selecionado o template *Plumbing-Default\_Metric* este possibilitou à partida a configuração automática de um conjunto de características base a um projeto de instalações, no entanto dependendo do projeto importado, características específicas terão de ser configuradas de modo a caracterizar completamente o trabalho a ser efetuado. De forma geral as duas categorias que terão de ser configuradas dizem respeito à ordenação e identificação dos pisos, uma vez que o *template* selecionado tem apenas 2 pisos padrão definidos e que no presente caso em estudo se encontravam mal posicionados.

Ao longo de um determinado projeto os objetos vão sendo posicionados em relação a um determinado piso, existe deste modo uma grande importância na sua definição e correta organização.

O modelo importado de arquitetura contém os vários pisos organizados e devidamente cotados, no entanto é necessária a criação de novos pisos quando se efetua um projeto de especialidade de engenharia estando o projeto de arquitetura protegido de edição. Os pisos podem ser observados numa qualquer vista de alçado, selecionada a partir da janela de navegação. Existem vários modos de editar e criar planos, porém no presente caso de estudo o procedimento utilizado foi editar os 2 pisos base que pertenciam ao *template* escolhido de forma a alinhá-los através da ferramenta *Align*, existente na aba *Modify* do *Ribbon*. De modo a criar os restantes 3 pisos (a contar com a laje de cobertura), foi duplicado um piso já existente e alterados a sua cota e nome. Na figura 4.20 é possível observar os vários pisos a serem editados, nesta figura o *Level 3* encontra-se em edição no parâmetro que define a sua cota, sendo de seguida necessário alterar o seu nome de modo a corresponder ao piso 2.



Após a correta criação e referência dos pisos é necessário criar as vistas das plantas definidas por estes e organizadas segundo a janela de navegação. Para tal recorrendo à aba *View* do *Ribbon* é possível através da ferramenta *Plan Views* criar as diferentes plantas necessárias à execução de um projeto. A aba *View* do *Ribbon* é visível na figura 4.20. As plantas depois de criadas poderão ser facilmente editadas nas suas propriedades através da janela de propriedades. Na janela de propriedades relativa a qualquer vista, os campos *Discipline*, *Sub-Discipline* e *View Template* são de enorme importância a ser explorados pelo utilizador. No presente caso de estudo nas opções do campo *View Template* optou-se por alterar as opções relativas ao detalhe contidas em *Plumbing Plan*, pois se estas não fossem alteradas, a opção *fine* correspondente ao maior nível de detalhe existente na barra de controlo de visualização estaria indisponível.

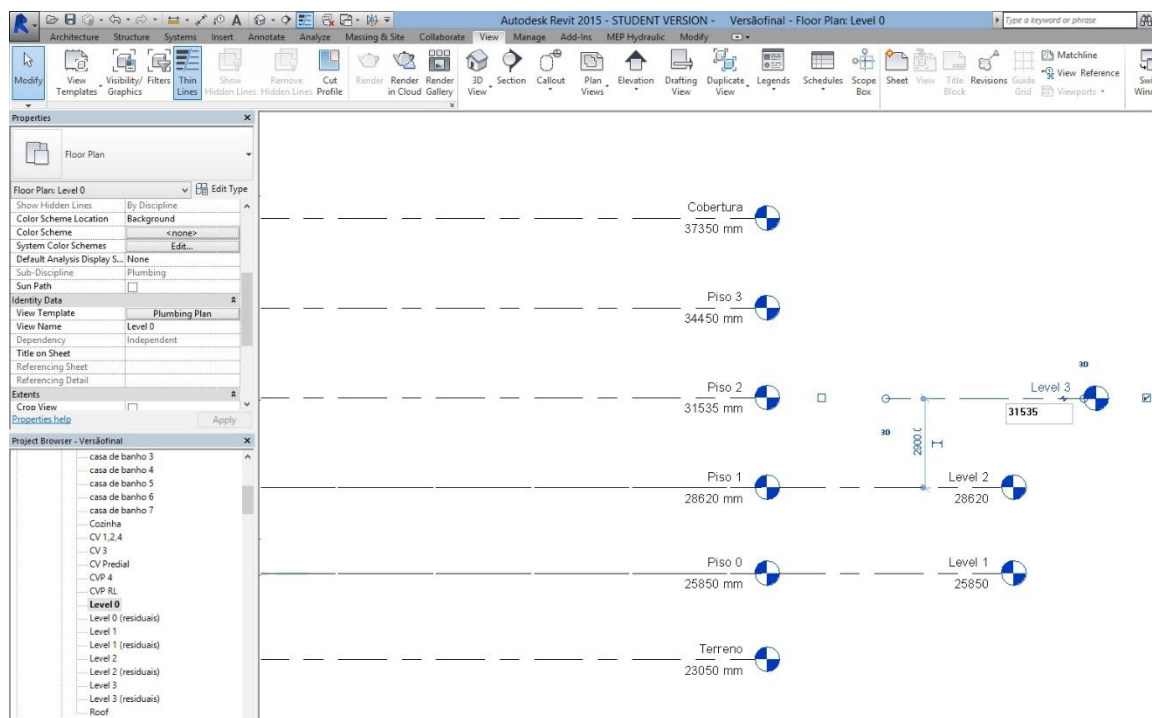


Fig. 4.20 – Edição da informação relativa ao piso 2

Na aba *View* do *Ribbon* existem também duas ferramentas de maior importância para criação de qualquer projeto, estas são as ferramentas *Section* e *Callout*.

A ferramenta *Section* permite ao projetista efetuar um corte em relação a uma qualquer vista 2D aberta na área de desenho. A utilização desta ferramenta encontra-se representada na figura 4.21 onde é possível observar várias particularidades desta. Para a realização do corte representado, inicialmente selecionou-se a ferramenta *Section* para de seguida desenhar os seus limites na área de desenho. Encontrando-se desenhada esta aparece visível na janela de navegação e pode ser editada em relação aos seus limites e orientação de corte. Na figura 4.21 na área de desenho é possível visualizar, à esquerda a planta do piso 1 com a indicação corte representado, bem como o respetivo corte à direita da mesma.

A ferramenta de corte foi constantemente utilizada durante a implementação possibilitando um importante modo de controlo na visualização de qualquer elemento a implementar.

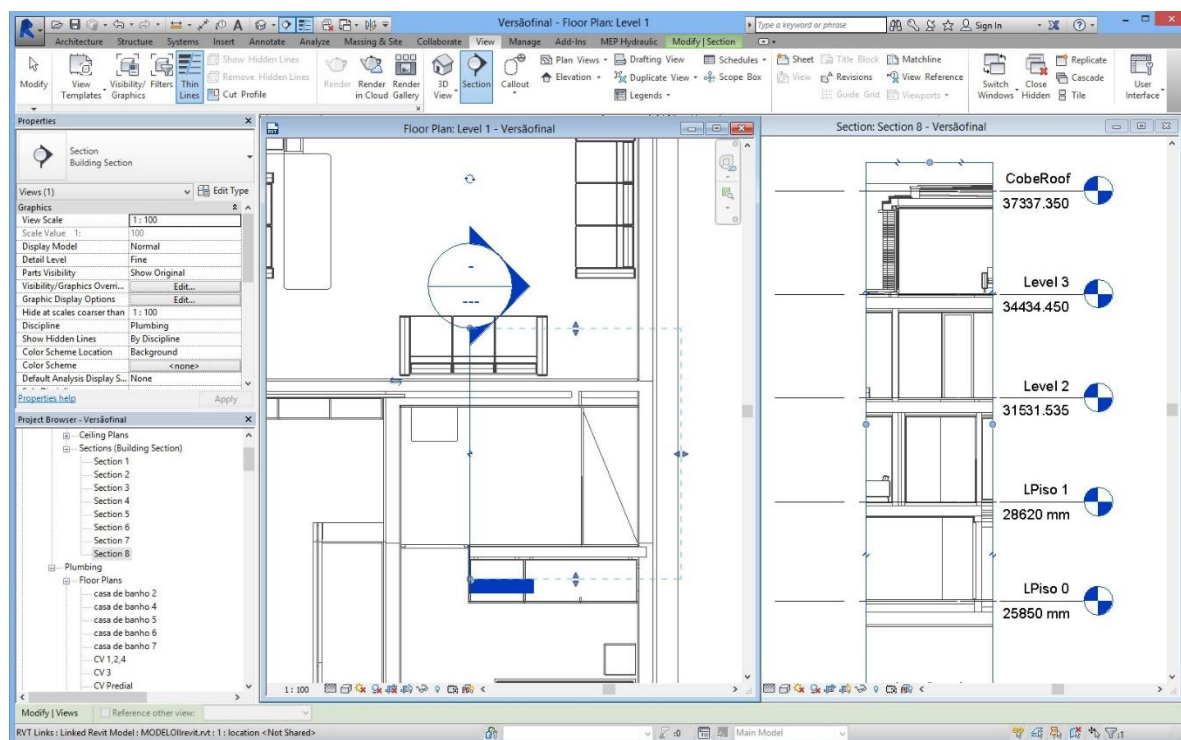
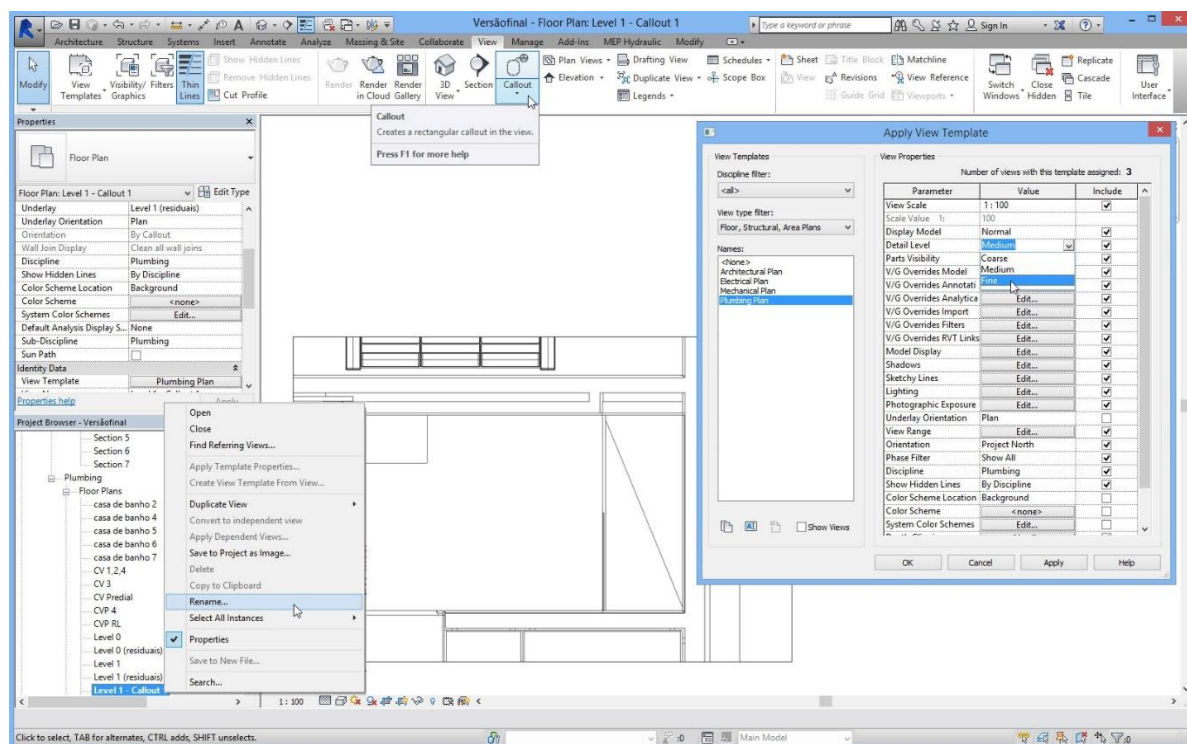


Fig. 4.21 – Utilização da ferramenta *Section* para produção de cortes

A ferramenta *Callout* permite ao projetista isolar uma determinada área pertencente a determinada vista 2D. Na figura 4.22 encontra-se representada a utilização desta ferramenta em relação a uma área relativa ao piso 1 do edifício considerado. Após selecionar a ferramenta *Callout* o projetista seleciona a área a isolar da vista pretendida. Na área de desenho da figura 4.22 já se encontra uma área relativa ao piso 1 totalmente isolada da restante planta, esta área é a mesma representada na figura 4.21. Após o seu desenho alterou-se o nome desta de modo a corresponder à divisão em análise, esta alteração é possível visualizar a partir da janela de navegação da figura 4.22. Também na figura 4.22 é possível visualizar a janela de edição *Apply View Template*, acedida a partir da janela de propriedades e que possibilitou a edição do nível de detalhe para fine, opção essa usada ao longo de todo o trabalho de implementação.

No presente caso de estudo, devido à multiplicidade de elementos do projeto de instalações, a ferramenta *Callout* foi utilizada para separar todas as zonas relativas a casas de banho, cozinha, lavandaria e divisão técnica, uma vez que permite a sectorização de cada divisão em particular deixando o desenho mais limpo e consequentemente menos confuso.

Fig. 4.22 – Utilização da ferramenta *Callout* para sectorização de áreas

#### 4.5.6. INTRODUÇÃO À IMPLEMENTAÇÃO DAS INSTALAÇÕES

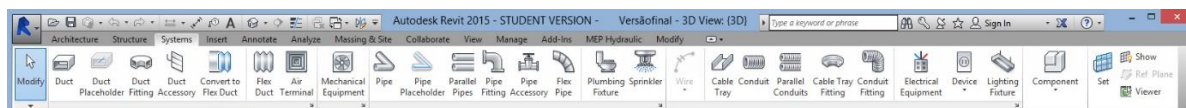
Para a implementação da rede de abastecimento de águas, residuais e pluviais em ambiente Revit foi considerado o projeto previamente fornecido em AutoCAD fazendo o cruzamento de dados entre este e o respetivo mapa de trabalhos e quantidades.

Em relação ao sistema de aspiração central, ao não existir qualquer projeto de instalações relativo a este apenas foi possível a utilização dos dados presentes no mapa de trabalhos e quantidades.

A secção da interface Revit mais utilizada na fase de implementação é a relativa à aba *Systems* existente no *Ribbon*, encontrando-se representada na figura 4.23. Relativamente às instalações implementadas foram usadas 8 ferramentas relativas à aba *Systems*, sendo estas seguidamente explicitadas:

- *Pipe* – é usada para o desenho de tubagens rígidas;
- *Pipe Fitting* – Permite implementar diferentes tipos de junta existentes;
- *Pipe Accessory* – Permite implementar acessórios ao longo da tubagem;
- *Flex Pipe* – é usada para o desenho de tubagens flexíveis;
- *Plumbing fixture* – Permite a implementação de objetos relativos a instalações usadas tais como lavatórios, sanitas, bidés, caixas de visita, entre outros;
- *Duct* – Permite o desenho de condutas rígidas;
- *Duct Fitting* – Permite implementar diferentes tipos de junta para condutas;
- *Mechanical Equipment* – Permite a implementação de objetos relativos a equipamentos mecânicos;



Fig. 4.23 – Aspeto geral da aba *Systems* existente no *Ribbon*

Acedendo a cada uma das ferramentas da aba *Systems*, o projetista tem acesso a um conjunto de elementos genéricos que poderá selecionar no caso de um determinado elemento se encontrar indefinido em projeto de especialidade e mapa de trabalhos e quantidades. Além dos elementos genéricos apresentados inicialmente, o utilizador pode importar outros elementos existentes na biblioteca do Revit e localizada no diretório C:\ProgramData\Autodesk\RVT 2015\Libraries.

Na versão instalada verificou-se a falta das bibliotecas relativas ao sistema métrico de unidades, assim de forma a contornar este problema foi instalado um conjunto de bibliotecas adicionais. Para instalar estas bibliotecas adicionais é necessário recorrer ao desinstalador de programas do Windows e selecionar o programa Autodesk Revit Content Libraries 2015. Este programa após selecionado abre uma janela que contém várias opções e entre estas está a *Add or Remove Features* que permite a instalação de várias bibliotecas de objetos relativas a diferentes países denominadas *Content Pack*. A tabela 4.3 mostra o conjunto de bibliotecas instaladas e o número de objetos paramétricos existentes correspondentes.

Tabela 4.3 – Diferentes bibliotecas instaladas e respetivo número de objetos

<i>Content Pack</i>	<i>United Kingdom</i>	<i>US Imperial</i>	<i>US Metric</i>	<i>Portugal</i>	<i>France</i>	<i>France International</i>	<i>Brazil</i>	<i>Brazil International</i>
Número de objectos	3794	3210	Erro ao instalar	0	2647	2881	3285	2881

Observando a tabela 4.3 verifica-se a variação existente entre cada biblioteca de objetos instalada. Dos objetos instalados, aqueles que seriam de primeira escolha fazem parte da biblioteca portuguesa, no entanto a pasta instalada não contém quaisquer objetos, também a pasta relativa aos objetos métricos da versão americana foi impossível de ser instalada. Verifica-se também que a biblioteca com mais objetos corresponde à biblioteca do Reino Unido com 3794 objetos paramétricos.

Apesar da existência de milhares de objetos na biblioteca interna do Revit, verificou-se a necessidade de recorrer a bibliotecas externas e que contêm determinados objetos específicos. As bibliotecas externas ao Revit utilizadas foram a Autodesk Seek <http://seek.autodesk.com/>, (Autodesk, 2015b), Revit City <http://www.revitcity.com/>, (RevitCity, 2015), NBS National BIM Library <http://www.nationalbimlibrary.com/>, (NBS, 2015) e a biblioteca Ofcdesk <http://www.ofcdesk.com/>, (Ofcdesk, 2015).

O aspeto geral das bibliotecas Revit City, Autodesk Seek e NBS encontra-se representado na figura 4.24 a), b) e c) respetivamente. Estas permitem a procura de objetos pelo seu nome ou nome de marca comercial e necessitam de registo do utilizador para ser possível fazer *download* de conteúdo.

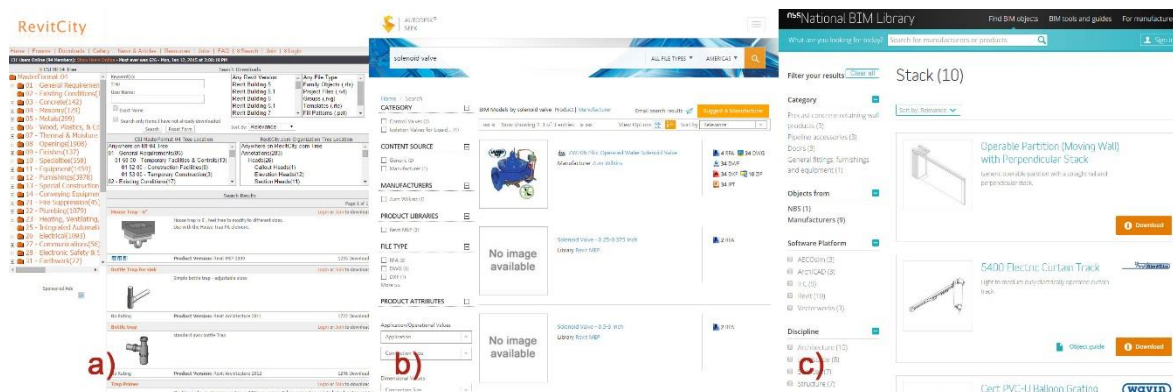


Fig. 4.24 – Aspeto geral das bibliotecas de objetos Revit city em a), Autodesk Seek em b) e NBS em c)

A biblioteca de objetos Ofcdesk funciona de forma diferente uma vez que permite a instalação de um *plug-in* para o Revit possibilitando o acesso e navegação pelos diferentes objetos através do ambiente de trabalho Revit. Este *plug-in* uma vez instalado adiciona ao *Ribbon* a aba *MEP Hydraulic* que permite a navegação por diferentes marcas comerciais e seus produtos associados. A aba *MEP Hydraulic* bem como a janela de navegação *Content Explorer* encontram-se representadas na figura 4.25.

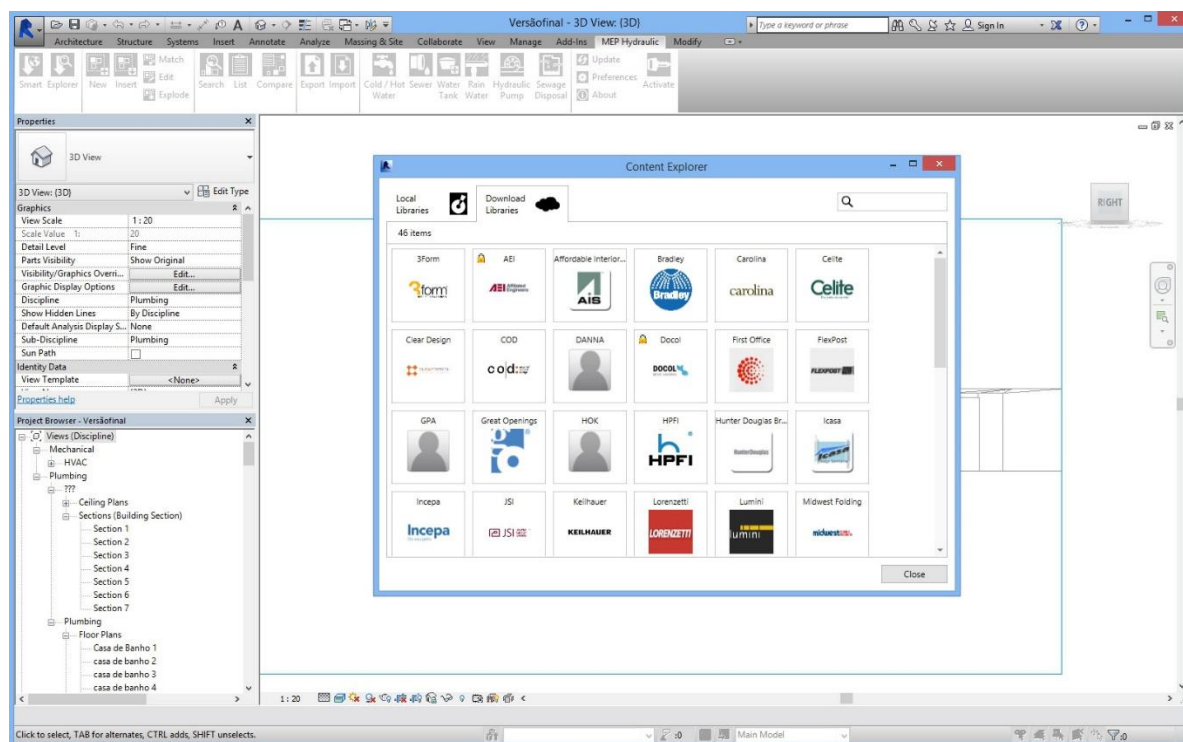


Fig. 4.25 – Aba e janela de navegação da biblioteca Ofcdesk

A biblioteca Ofcdesk encontra-se orientada para o mercado americano no entanto esta biblioteca é a que mais se adequa à lógica BIM. Nesta biblioteca todos os objetos estão associados a uma marca comercial. Ao serem concebidos pelas marcas proprietárias todos os objetos encontram-se completamente e rigorosamente caracterizados quer a nível geométrico quer a nível de informação

associada a estes. Com um *plug-in* deste tipo qualquer objeto pode facilmente ser importado para Revit sem ser necessário sair do ambiente Revit, possibilitando assim uma maior rapidez e confiança nos objetos paramétricos representados.

#### 4.5.7. METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS

Pela observação do projeto de abastecimento de águas, representado nas figuras 3.4, 3.5 e 3.6 é possível verificar que o projeto de abastecimento de águas CAD constitui uma representação esquemática de muitas das características existentes, constituindo a sua forma de representação um modo informativo à execução em obra. Em BIM, aquilo que se pretende ao implementar uma rede deste tipo, é a obtenção de uma representação virtual do projeto físico real da forma mais realista possível. Deste modo há que considerar determinadas regras existentes de traçado e implementação a par com o projeto fornecido.

Segundo o regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais, (Ministério das obras públicas, t.e.c., 1995), o artigo 95º pontos 3 e 4, relativos ao traçado, informa:

- 3) As canalizações de água quente devem ser colocadas, sempre que possível, paralelamente às de água fria e nunca abaixo destas;
- 4) A distância mínima entre canalizações de água fria e de água quente é de 0,05 m;

No presente caso de estudo teve-se em consideração especial atenção aos pontos acima apresentados e que constituem regras de traçado de extrema importância e que não são possíveis de ser representadas num projeto CAD. Convenções gerais como é exemplo as torneiras esquerdas serem as de água quente também foram consideradas na rede de abastecimento.

Tendo presente as regras de implementação associadas ao projeto CAD e mapa de trabalhos e quantidades bem como às ferramentas possíveis de utilização, a metodologia que se encontrou mais rápida e eficaz de implementar consiste nos seguintes passos:

- 1) Implementação dos equipamentos relativos às instalações através da ferramenta *Plumbing Fixtures*;
- 2) Desenho das tubagens, recorrendo às ferramentas *Pipe* ou *Flex Pipe*;
- 3) Implementação dos acessórios em falta recorrendo à ferramenta *Pipe Accessory*;

O primeiro passo da implementação dos equipamentos poderá não ser considerado no caso do projeto de arquitetura ter definido as informações e a forma geométrica rigorosa dos equipamentos existentes. Embora no projeto de arquitetura em planta os equipamentos estejam definidos rigorosamente, pela leitura da vista 3D do projeto de arquitetura verifica-se a utilização de objetos paramétricos genéricos, colocando o primeiro passo como necessário a uma correta e rigorosa aplicação num projeto de instalações hidráulicas. No caso de aplicação dos equipamentos, caso estes objetos paramétricos não possuam ligações próprias à rede, serão considerados conectores genéricos existentes nas bibliotecas do Revit.

#### 4.5.8. EQUIPAMENTOS RELATIVOS À REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUAS

De modo a implementar os equipamentos relativos às instalações presentes no mapa de trabalhos e quantidades, foi realizada uma pesquisa pelos vários *sites* associados a cada empresa fornecedora dos

materiais, na expectativa de encontrar produtos comerciais já modelados sob a forma de objetos paramétricos Revit em formato de *families .rfa*. De todos os equipamentos existentes na rede de abastecimento de águas apenas foi encontrado 1 ficheiro *.rfa* relativo a uma sanita Duravit, estando um lavatório e uma banheira da mesma marca comercial modelados em formato AutoCAD *.dwg*.

Nesta fase do trabalho existem 3 procedimentos distintos, um relativo à importação do ficheiro da sanita em formato Revit *family .rfa*, outro relativo à importação do ficheiro do lavatório em formato AutoCAD *.dwg*. E ainda outro relativo a todos os outros equipamentos que não possuem quaisquer tipo de ficheiros.

Relativamente ao procedimento de importação de um ficheiro *.rfa*, este é realizado acedendo à ferramenta *Plumbing fixture* para de seguida aceder ainda a outro comando *Load Family*, representado no *Ribbon* da figura 4.26. Após a seleção do ficheiro a importar este aparece selecionado na janela de propriedades (figura 4.26) e pronto a ser colocado na respetiva localização. Para consulta das propriedades associadas ao objeto importado foi selecionado o comando *Edit Type* presente na janela de propriedades e que permite abrir a janela *Type Properties* onde se encontram descritas todas as propriedades importadas com o objeto. A janela *Type Properties* relativa à sanita Duravit pode ser observada na figura 4.26. Este procedimento de importação revela-se bastante simples e rápido de ser efetuado, possibilitando todo o rigor de modelação e de informações associadas ao objeto uma vez que este foi criado pela própria empresa fornecedora.

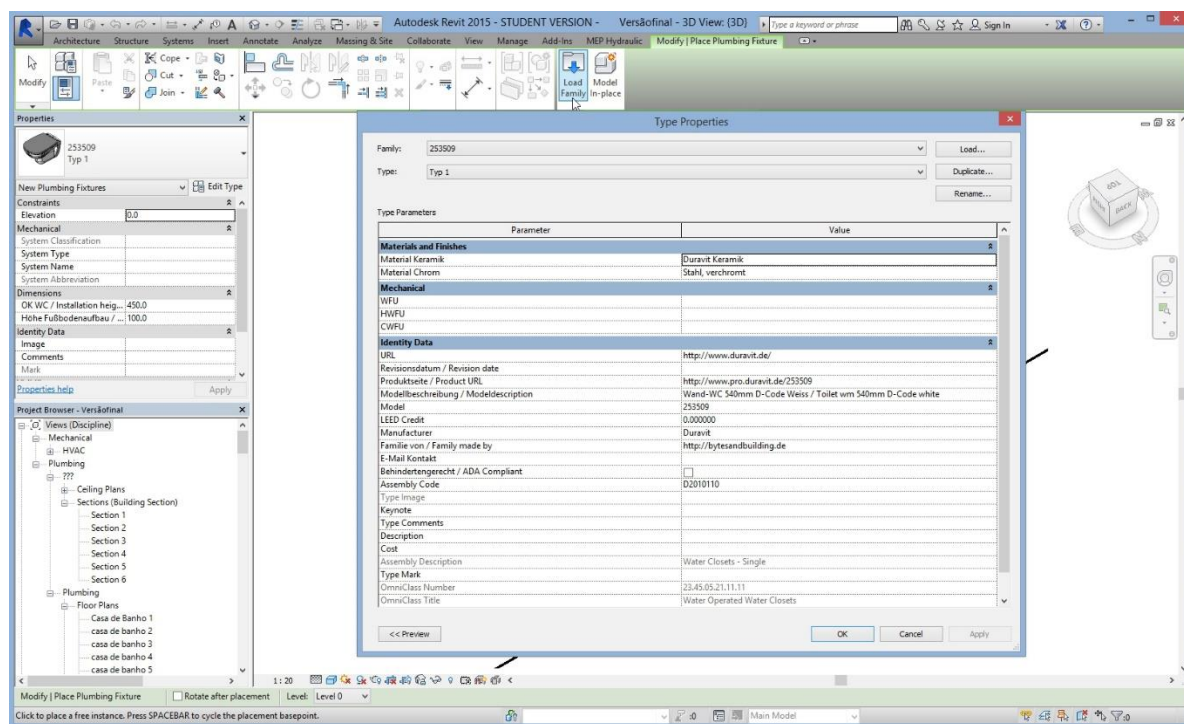


Fig. 4.26 – Procedimento de importação de ficheiro *.rfa*

O procedimento considerado quando se pretende utilizar um ficheiro AutoCAD é relativamente simples, no entanto pode levar à ocorrência ou observação de erros existentes relativos ao modelo considerado. A correta importação de um modelo de um equipamento para Revit é realizado através do ambiente de criação de *families* através de um *template* próprio existente. Tal possibilita ao *software* Revit reconhecer o tipo de objeto que se encontra a ser importado bem como algumas propriedades e comportamento deste. A criação de um novo objeto paramétrico é realizada a partir do menu aplicação, selecionando os comandos *New* e *Family* e respetivo *template*. O *template* selecionado para os objetos

de lavatório e de banheira foi o *Metric Plumbing Fixture* encontrando-se localizado no diretório C:\ProgramData\Autodesk\RVT 2015\Family Templates\English. Após o ambiente de trabalho *families* aberto é possível criar de raiz ou importar modelos 3D de entre vários formatos disponíveis. Para importação dos equipamentos existentes em formato *.dwg* selecionou-se o comando *import CAD* existente na aba *insert* do *Ribbon* presente neste novo ambiente. Através da figura 4.27 é possível observar o ambiente de criação e edição de *families* bem como o resultado da importação do ficheiro *.dwg* relativo ao lavatório Duravit. Pela observação da figura 4.27 é possível observar erros na geometria existentes na importação do ficheiro em formato *.dwg*, bem como a existência de uma torneira que não corresponde à torneira existente no mapa de trabalhos e quantidades.

Após várias iterações de edição e conversão de ficheiros de modo a contornar os erros existentes foi encontrada uma solução de resolução que consiste em abrir o ficheiro em formato *.dwg*, em Sketchup. Após o ficheiro ser aberto, verifica-se que os erros geométricos da figura 4.27 não são apresentados em ambiente Sketchup. Recorrendo as funcionalidades de edição do Sketchup são eliminados todos os elementos que estavam a mais e feitas eventuais correções geométricas no caso de existência de erros na geometria do modelo. Após a correção do modelo e recorrendo à ferramenta de exportação existente na barra de menus do Sketchup é possível exportar o ficheiro usando o formato *.dwg*. Agora ao realizar a importação em Revit do novo ficheiro *.dwg* através do ambiente de trabalho *families* verifica-se a sua coerência geométrica. De modo a finalizar a criação de um objeto paramétrico basta aceder ao controlo *Load into Project*, também visível no *Ribbon* da figura 4.27.

Uma vez que o objeto paramétrico criado não possuía quaisquer informações associadas é necessário fazer algumas alterações, quer a nível de nome, quer de propriedades e características. O nome pode ser facilmente alterado recorrendo à janela de navegação, clicando sobre este e selecionando a opção *Rename*. A criação de informações associadas ao objeto foram realizadas recorrendo à janela *Type Properties* (figura 4.26).

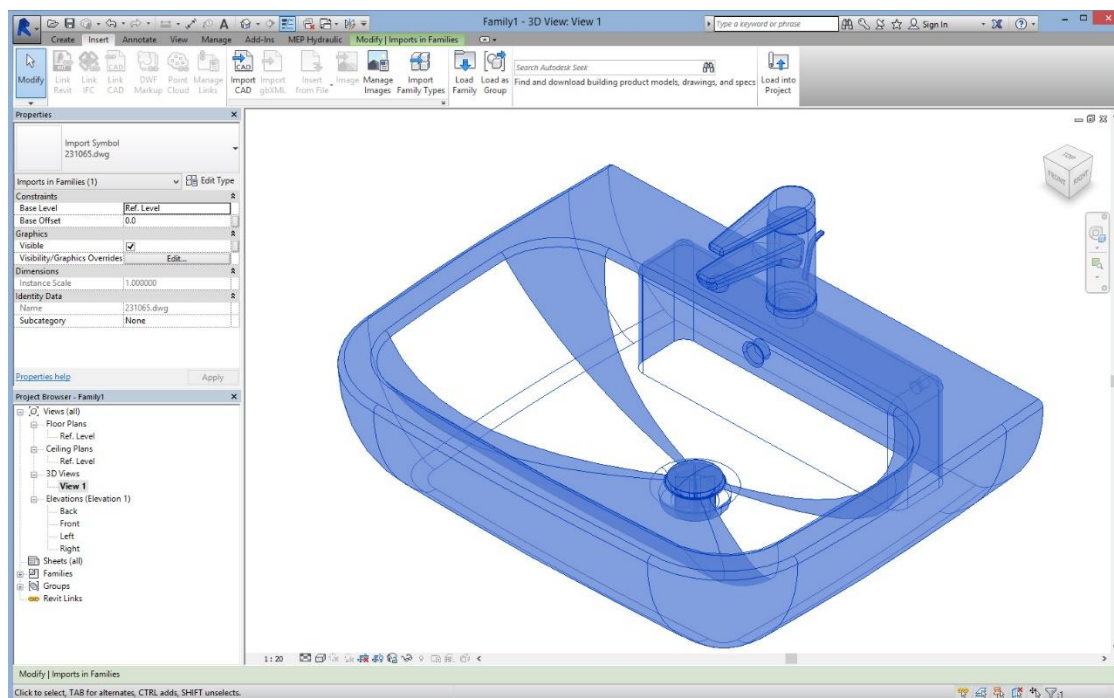


Fig. 4.27 – Resultado da importação de um ficheiro *.dwg*



Relativamente a todos os outros equipamentos que fazem parte da rede de abastecimento de águas e dos quais não existem quaisquer modelos 3D associados foi necessário proceder à sua modelação. A modelação destes equipamentos foi realizada em Sketchup a partir de desenhos técnicos recolhidos nos vários *sites* das marcas comerciais. Os desenhos técnicos relativos a cada equipamento são importados para Sketchup sob a forma de imagem sendo os equipamentos, posteriormente modelados a partir das ferramentas de edição e modelação existentes na barra de ferramentas avançada do Sketchup. Na figura 4.28 a) é possível observar o desenho técnico relativo à torneira misturadora dos duches e respetiva cotagem. Na figura 4.28 b) é possível observar a modelação em Sketchup da torneira misturadora do duche, bem como o desenho técnico importado em Sketchup e sob o qual toda a modelação se processa. Todos os elementos modelados em Sketchup foram guardados em ficheiros Sketchup versão 8 *.skp*, uma vez que a sua importação para ambiente Revit recorrendo a formatos posteriores ao 8 se revelaram ineficazes.

Após a modelação em Sketchup o processo de importação em Revit é exatamente igual ao já descrito para os ficheiros *.dwg* com a diferença existente apenas no tipo de formatos. Também aqui neste tipo de equipamentos foi necessário o preenchimento de um conjunto de informações relativas a cada equipamento em questão de modo a que este ficasse totalmente caracterizado. A edição destas propriedades é também igual aos outros tipos de equipamentos já descritos recorrendo à janela *Type Properties* da figura 4.26.

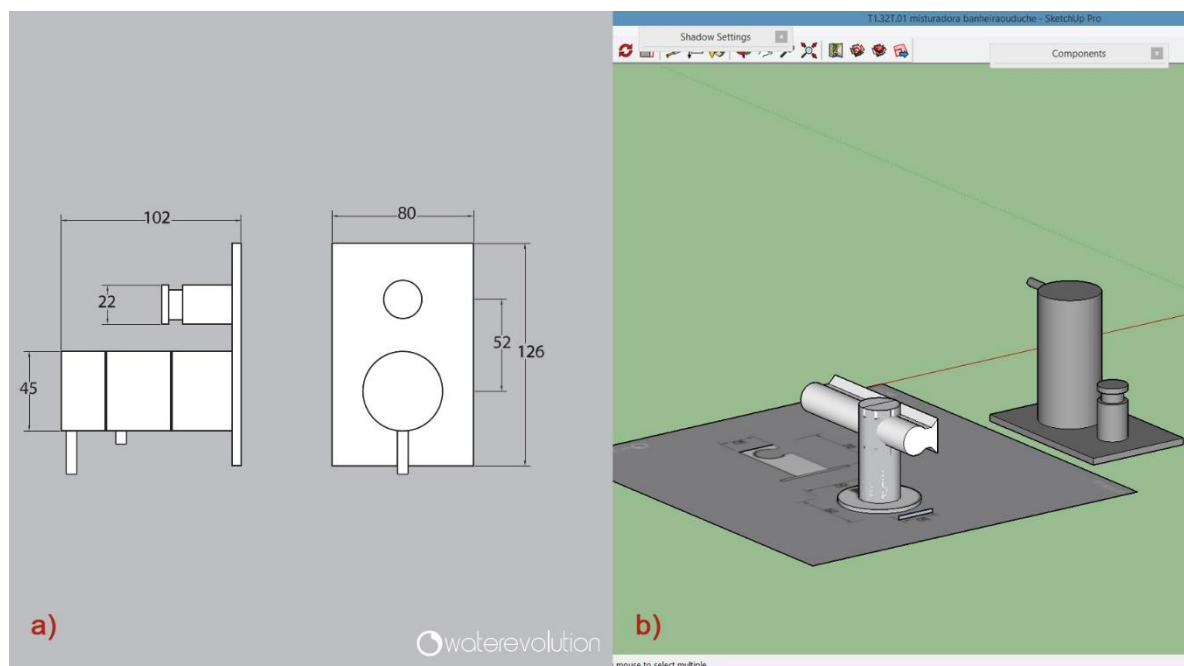


Fig. 4.28 – Modelação de equipamentos: a) Desenho técnico; b) Modelação em Sketchup

Com todos os equipamentos modelados e convertidos em *families* devidamente caracterizadas, foram posicionados os diferentes equipamentos no respetivo projeto de instalações. Nesta etapa é realizada a navegação pelo projeto recorrendo à janela de navegação e a várias vistas auxiliares que se considerem importantes podendo-se fazer uso de cortes.

Um objeto paramétrico após selecionado pela ferramenta *Plumbing Fixtures* fica ativo na janela de propriedades que tem o aspeto representado na figura 4.29 a). A figura 4.29 a) mostra dois campos de propriedades muito importantes ao posicionamento inicial de qualquer elemento, o *Level* e o *Offset*. O campo *Level* controla o piso a que se refere a colocação que está a ser efetuada, sendo o *offset* a distância entre a colocação do objeto e o nível do piso. Deste modo a Misturadora de Cozinha da figura 4.29 a)

está a ser colocada no piso 1 a uma altura que dista 90 cm deste. Ao ser colocado um objeto, este é quase sempre posicionado numa localização aproximada, sendo esta depois editada e alterada recorrendo às várias ferramentas existentes na aba *Modify* do *Ribbon* visível na figura 4.30. Ao editar posições torna-se quase sempre necessário recorrer a várias vistas em simultâneo. A figura 4.29 b) representa a janela de propriedades relativa a um conector utilizado nos equipamentos relativos ao abastecimento de águas. Os campos de propriedades representados na figura 4.29 b) são o *Elevation* e o *Nominal Radius*, correspondentes à cota de piso e ao raio nominal respetivamente.

Um exemplo da simultaneidade de 3 vistas pode ser observado na figura 4.30, em que um lavatório se encontra a ser deslocado pela ferramenta *Move* numa casa de banho. Com a seleção de uma vista na janela de navegação, esta abre e fica visível na área de desenho, estando as janelas possíveis de serem abertas, limitadas a aspetos visuais relacionados com o tamanho da tela do computador. Uma das vantagens do BIM é também visível através da figura 4.30 uma vez que estando o lavatório selecionado na vista em planta encontra-se também selecionado nas restantes vistas, sendo que uma qualquer alteração na primeira irá atualizar as outras duas.

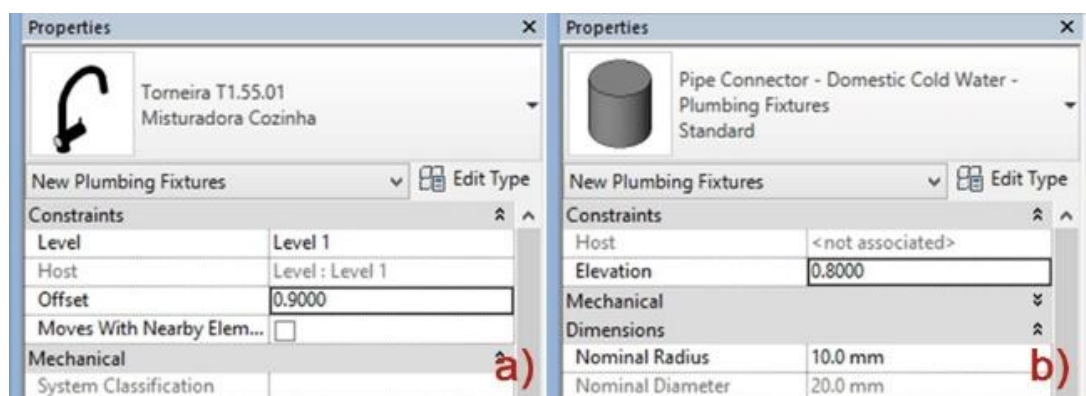


Fig. 4.29 – Janelas de propriedades relativas a objetos paramétricos: a) torneira; b) conector para ligação de tubagens

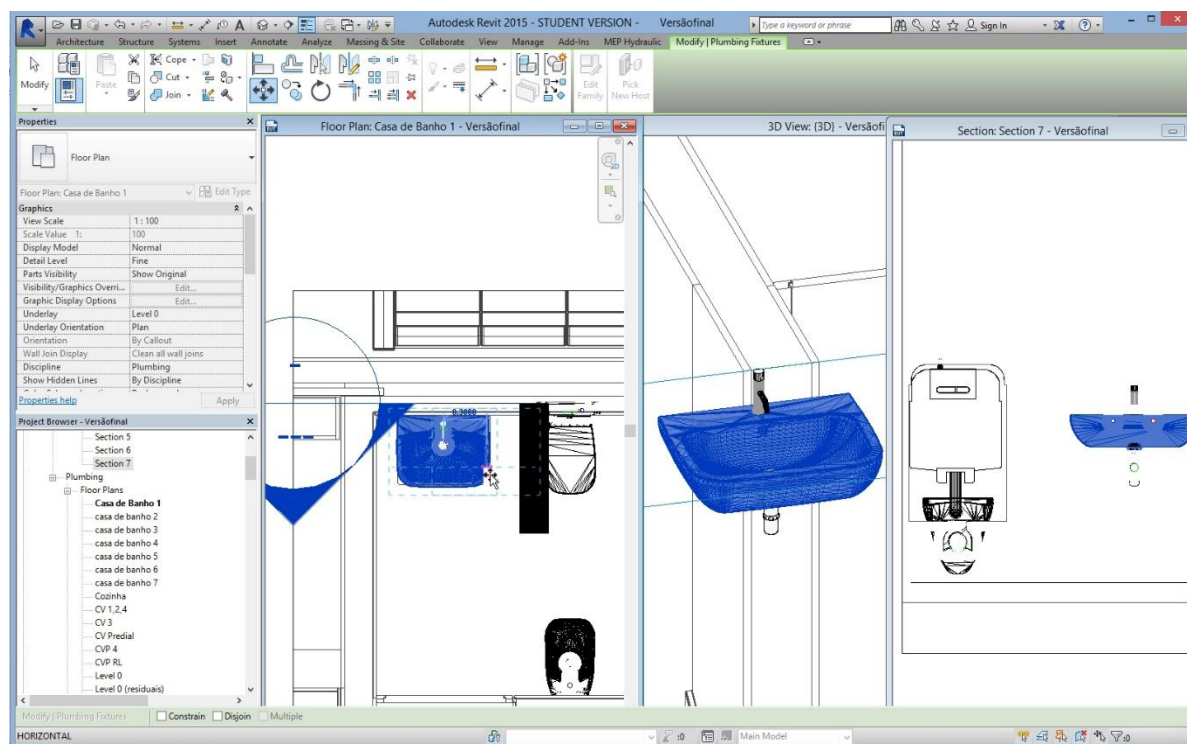


Fig. 4.30 – Posicionamento de equipamentos recorrendo a várias vistas

Um objeto paramétrico muito importante e que foi considerado para alguns equipamentos relativos ao abastecimento de águas é o *Pipe Connector*, existente na biblioteca do Revit e que se encontra representado pela sua janela de propriedades na figura 4.29 b). Este objeto é um conector que ficará colocado na ligação à tubagem de qualquer equipamento de abastecimento de água, permitindo a conexão deste à rede de águas existente. Estes conectores são o ponto de ligação de determinado equipamento à restante rede e assim sendo há que ter em atenção os diferentes tipos de conectores relativos às diferentes redes de água (fria, quente ou sanitária). Os conectores poderiam ser desprezados se pela edição dos equipamentos, em ambiente de trabalho *families*, se colocasse um conector em determinado ponto do equipamento. No entanto como habitualmente no projeto de instalações não são produzidas alterações nos equipamentos sanitários projetados pela arquitetura, optou-se por colocar conectores como se os equipamentos estivessem inerentes ao projeto de arquitetura e como tal não pudessem ser editados em Revit.

A figura 4.31 representa os equipamentos e conectores existentes numa casa de banho. Todos estes elementos estão associados a *families*, e encontram-se devidamente posicionados em projeto. A imagem da figura 4.31 foi obtida a partir de um render em Revit existente na opção *Ray Trace* da barra de controlo de visualização.



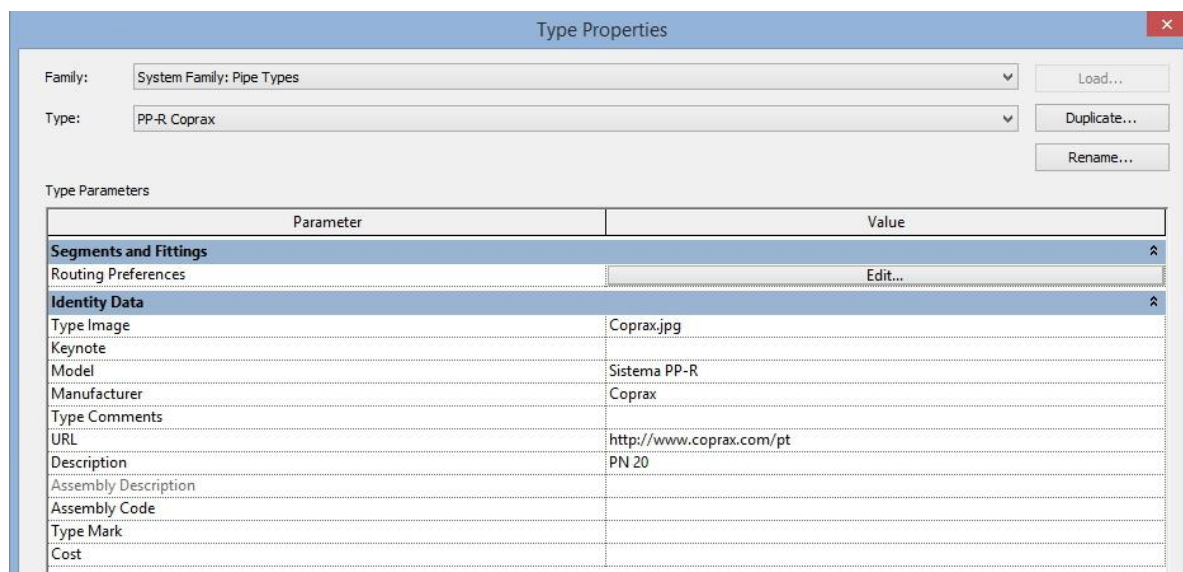


Fig. 4.31 – Equipamentos e conectores presentes numa Casa de banho

#### 4.5.9. TUBAGENS DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Antes de iniciar o projeto de qualquer tubagem de uma forma rigorosa há que configurar o tipo de tubagem que irá ser considerada sendo para isso necessário criar um tipo de tubagem. No presente caso de estudo foi criada uma tubagem a partir da duplicação da tubagem *standard*, criando deste modo uma *System Family*. Para uma correta implementação da tubagem foi realizada uma consulta à ficha de produto bem como ao *site* da empresa Coprax. Diâmetros comerciais, classes de pressão, tipos de junta, materiais utilizados foram considerados para uma correta implementação da tubagem de abastecimento de águas.

Para a criação da tubagem Coprax a partir da duplicação da tubagem *standard* é necessário inicialmente aceder à aba *Systems* e sob a ferramenta *Pipe* seleccionar a tubagem *standard*. Após esta estar seleccionada, sob a sua janela de propriedades e através do comando *Edit Type* abre-se a sua janela *Type Properties*. Recorrendo à janela aberta selecciona-se a opção *Duplicate* de forma a criar um duplicado da tubagem existente. No presente caso de estudo o nome considerado para a nova tubagem foi PP-R Coprax, sendo a informação da janela *Type Properties* preenchida conforme ilustra a figura 4.32.

Fig. 4.32 – Janela *Type Properties* relativa à tubagem Coprax

Com a janela de propriedades preenchida seleciona-se o comando *Edit* presente no campo *Routing Preferences* da janela da figura 4.32. Este comando *Edit* permite aceder à janela *Routing Preferences* representada na figura 4.33 e que permite configurar o tipo de juntas existentes bem como os tamanhos mínimos e máximos do diâmetro. Na figura 4.33 as juntas selecionadas já se encontram configuradas para a tubagem Coprax, porém existe um procedimento prévio de edição individual para cada junta *standard* que é idêntico ao descrito para a tubagem e que desta forma surge omissa. Cada junta apresentada na figura 4.33 ao ser criada pelo mesmo processo da tubagem é criada a partir da duplicação de uma junta *standard* existente.

A janela *Routing Preferences* tem também um comando chamado *Segments and Sizes* que permite aceder à janela *Mechanical Settings* também representada na figura 4.33. A janela *Mechanical Settings* é onde o projetista pode editar todo um conjunto de propriedades físicas tais como criar um novo material de tubagem, especificar a sua rugosidade bem como a gama de diâmetros a considerar. Todos os dados aqui inseridos através das várias janelas de propriedades foram verificados através da ficha de produto da respetiva tubagem.

A tubagem Coprax após estar criada e configurada, aparece selecionada sob a janela de propriedades tal como pode ser observado à esquerda na figura 4.33. Recorrendo à janela de propriedades de uma tubagem é também possível editar a que rede de águas a que se refere recorrendo ao campo *System Type*, representado na janela de propriedades da figura 4.33.

Estando a tubagem configurada, esta pode ser desenhada diretamente na área de desenho, no entanto uma vez que existem conectores corretamente posicionados em desenho, optou-se por não desenhar inicialmente de forma direta as tubagens.

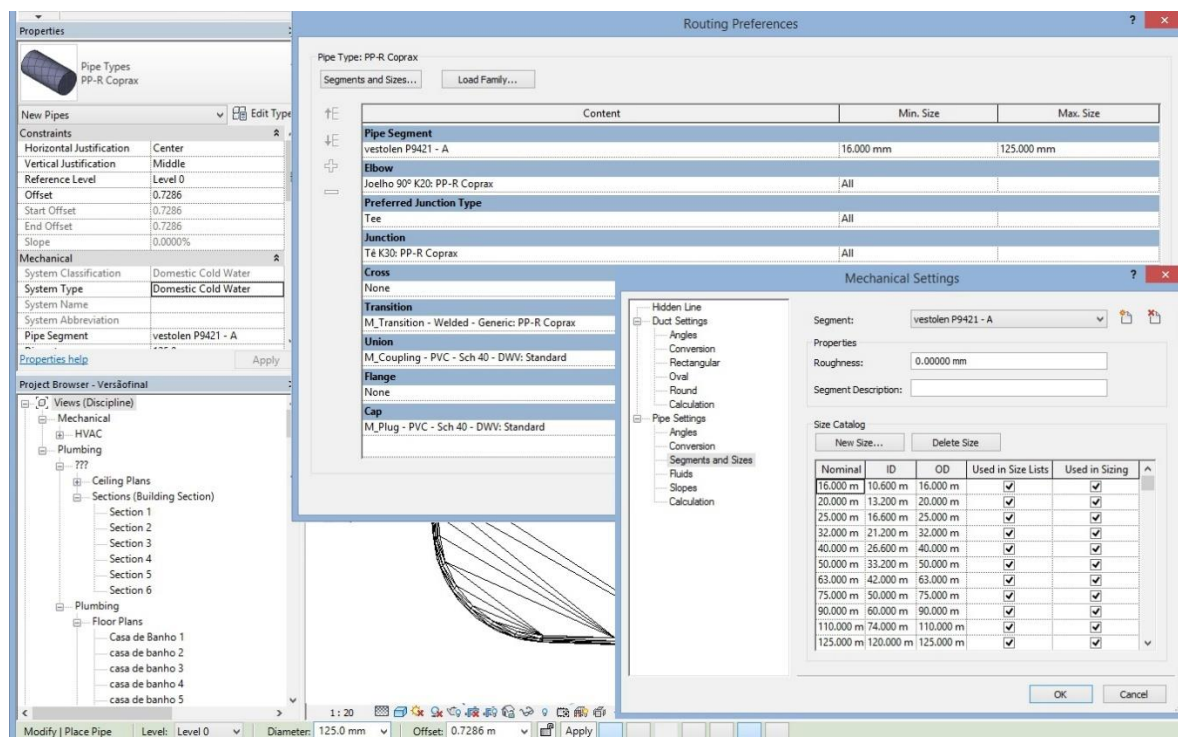


Fig. 4.33 – Janelas *Routing Preferences* e *Mechanical Settings* relativas à tubagem Coprax

De forma a iniciar cada tubagem a partir dos conectores foi considerado o procedimento exposto na figura 4.34. Inicialmente na figura 4.34 a) o projetista seleciona o conector, sendo apresentado o diâmetro e o desenho de uma torneira vermelha dando indicação que se trata de um conector relativo a água quente. Ao clicar sobre a torneira de água quente, figura 4.34 b) o Revit inicia a modelação da tubagem ligada ao conector, este informa acerca do angulo considerado ao plano que contem o ponto de partida do desenho. Clicando num determinado ponto desenha a tubagem, figura 4.34 c) sendo o novo ângulo apresentado, relativo agora ao último plano desenhado de tubagem. Na figura 4.34 d) é possível observar o resultado após definir o segundo tramo de tubagem, neste passo o Revit adicionou automaticamente um joelho Coprax no angulo de 90° formado pelos dois tramos. O desenho automático de juntas corresponde às preferências da tubagem previamente configuradas nas janelas apresentadas na figura 4.33. Deste modo o *software* apenas utiliza um determinado tipo de juntas e de ângulos selecionados pelo projetista e configurados nas preferências da tubagem, tendo em atenção o seu catálogo comercial.

Uma tubagem após desenhada em planta poderá ser verificada ou editada recorrendo a uma outra vista que permita melhor controlo sobre a modelação. A edição da cota de uma tubagem ou junta pode ser feita em planta através da janela de propriedades alterando o seu valor pelo comando *offset*. A vista 3D é contudo aquela que se considerou mais importante pela sua facilidade de leitura e visualização. Também nesta vista é possível fazer edição da rede, revelando-se bastante útil nos casos de intersecções de tubagens.

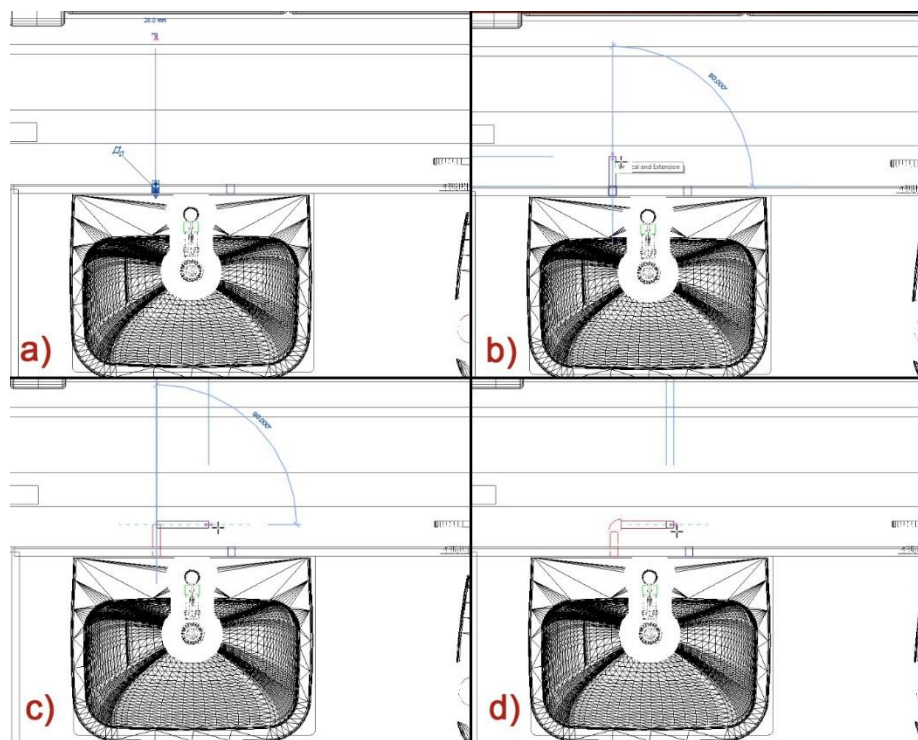


Fig. 4.34 – Criação de uma tubagem a partir de um conector

A figura 4.35 a) e b) mostram o aspeto geral em corte e 3D respetivamente, da rede de abastecimento de água em edição. É possível observar também pela figura 4.35 a) e b) que o *software* associa uma cor específica a cada rede, sendo o vermelho correspondente à rede de água quente e o azul à rede de água fria.

A figura 4.35 representa também um erro ocorrido durante a modelação e serve para ilustrar a utilidade de ter o *software* Sketchup como uma ferramenta adicional de visualização do projeto de instalações. Como o *template* selecionado para o projeto é o relativo às instalações, grande parte dos elementos do projeto de arquitetura aparecem representados com faces transparentes, possibilitando assim a visualização das instalações no interior dos elementos construtivos. No entanto o facto de não se ter encontrado qualquer forma de visualizar a arquitetura a traço sólido pode gerar confusões de leitura quando se efetua a modelação de uma rede de instalações. A figura 4.35 a), b) e c) mostram um conjunto de tubagens que se encontram posicionadas em frente de uma janela. Através da figura 4.35 a) e b) a leitura do vão de janela pode não ser tido em consideração uma vez que existe apenas uma ideia geral das linhas dos elementos existentes no projeto de arquitetura. A figura 4.35 c) é relativa à visualização 3D do modelo em Sketchup possibilitando uma rápida perceção do erro cometido.

Algumas tubagens de água quente que se encontram representadas na figura 4.35 exibem já o isolamento característico a toda a tubagem de água quente. Para adicionar um isolamento a uma tubagem específica foi necessário clicar sobre esta e de seguida utilizar a ferramenta *Add Insulation* presente na aba *Modify* do *Ribbon*. A ferramenta *Add Insulation* possui duas opções, uma relativa ao nome do material isolante outra relativa à sua espessura. No presente caso de estudo o isolamento utilizado corresponde a polietileno com uma espessura de 25mm. Na figura 4.36 é possível observar a comparação entre uma tubagem de água quente com o respetivo isolamento aplicado e a tubagem de água fria sem qualquer isolamento.

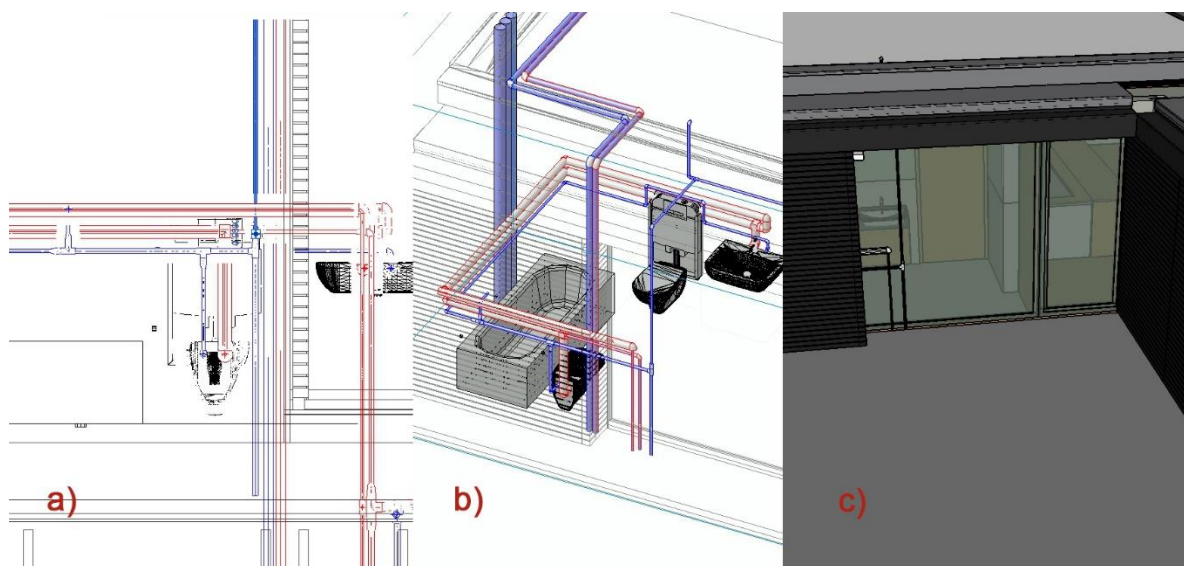


Fig. 4.35 – Representação de um erro ocorrido na modelação da rede de abastecimento; a) vista em corte b) vista 3D c) vista em sketchup.

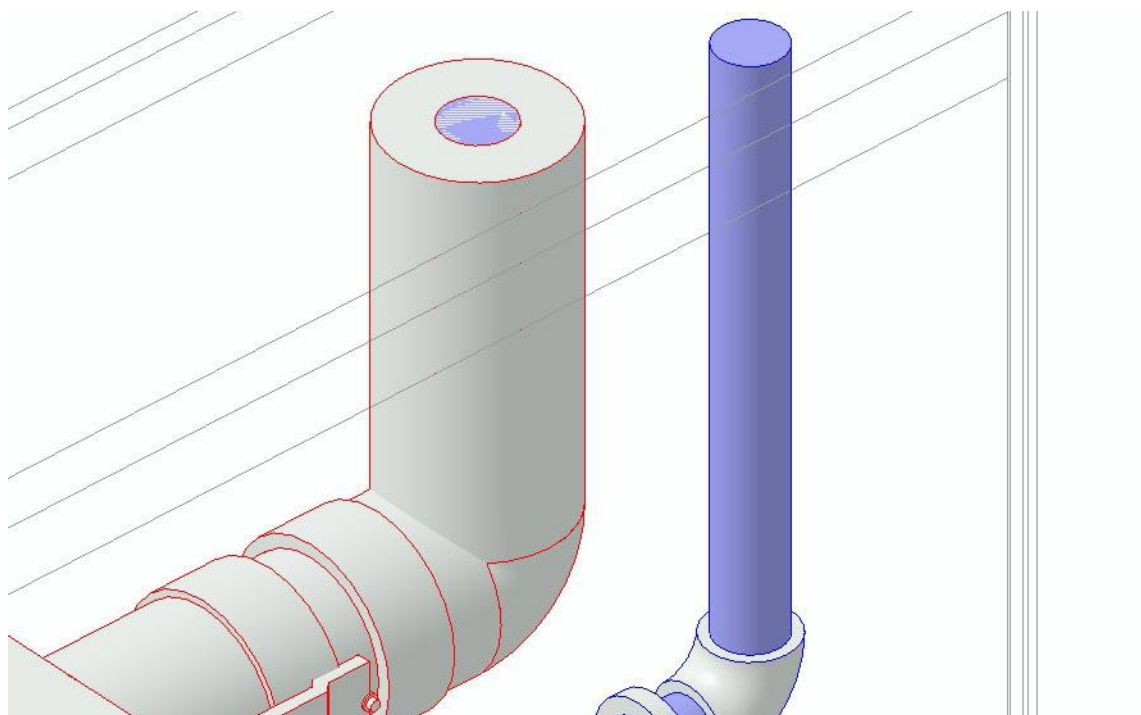


Fig. 4.36 – Comparação relativamente ao isolamento de duas tubagens

Pelas figuras 3.4, 3.5 e 3.6 verifica-se que o projeto é muitas vezes omissivo quanto ao percurso das tubagens relativas ao retorno existente na rede de abastecimento de água quente. As tubagens relativas ao retorno seriam deste modo decididas em obra, pressupõe-se assim que seguiriam o percurso das tubagens de abastecimento de água quente. As tubagens de retorno no projeto em análise foram



consideradas que seguiam o caminho mais curto de forma a tornar o custo total o mais económico possível.

Uma dificuldade de grande importância num projeto deste tipo prende-se com a falta de espaço para equacionar a solução de instalações pretendida. Neste projeto uma das zonas mais problemáticas foi o espaço deixado para o teto falso e no qual se encontram tubagens. O espaço disponível para colocação de instalações, entre o teto falso e a laje é de 8 cm. A zona da garagem é caracterizada pela existência de teto falso no entanto foi considerado pela arquitetura um trecho de teto falso para colocação e ocultação de tubagens de abastecimento. Este trecho de teto falso relativo à garagem encontra-se representado em corte na figura 4.37. Nos tetos dos restantes pisos apesar de existir 8 cm de espaço relativo a tetos falsos foi necessário equacionar uma solução em zonas problemáticas como é o caso da interseção representada na figura 4.38.

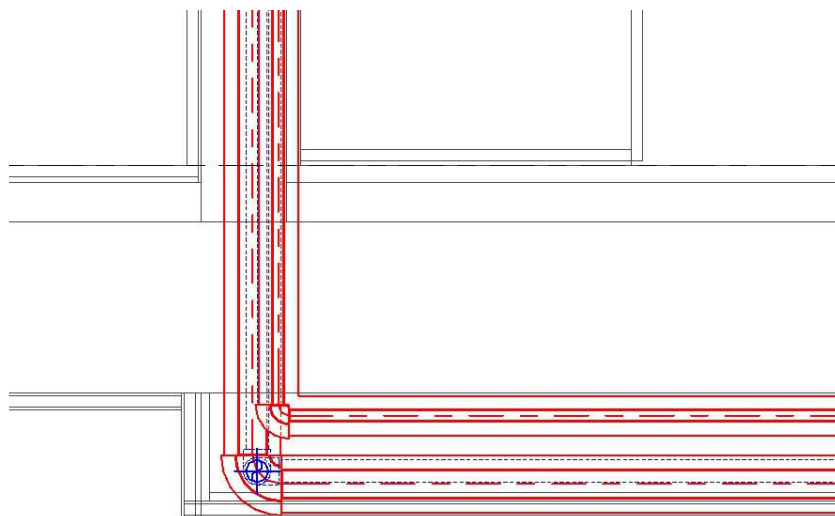


Fig. 4.37 – Trecho de teto falso da garagem considerado na zona de passagem de tubagens

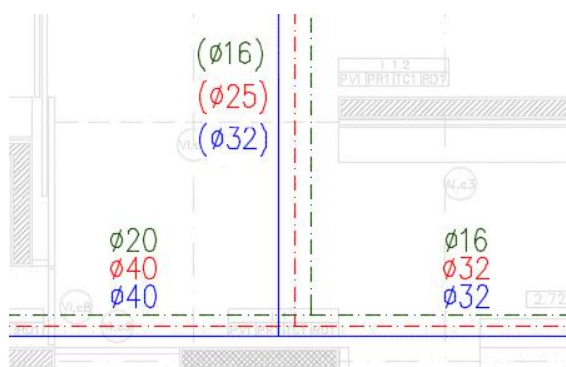


Fig. 4.38 – Zona de interseções de tubagens

A figura 4.38 mostra uma interseção onde foram considerados 3 tubagens distintas, uma relativa à rede de água fria, outra para a água quente de abastecimento e outra para o respetivo retorno. Não sendo possível a sua intersecção num espaço de 8 cm considerou-se a utilização de uma união cruzamento da Coprax representada na figura 4.39 a). Ao não existir qualquer tipo de união cruzamento na biblioteca de juntas *standard* do Revit foi necessário a criação de raiz de uma junta deste tipo. Após a prévia consulta do catálogo comercial da união cruzamento Coprax, foi realizada a modelação de uma união semelhante em Sketchup, representada pela figura 4.39 b). Após a modelação em Sketchup a união foi

importada para Revit através o ambiente de criação de *families* representado na figura 4.39 c). A respetiva união foi importada à semelhança do modo de importação descrito para os equipamentos modelados em Sketchup sendo o *template* escolhido para a união cruzamento o relativo a equipamentos (*Metric Plumbing Fixture*) uma vez que não se encontrou um *template* relativo a juntas de tubagens. Ainda na criação do objeto paramétrico em ambiente de trabalho *families* foi necessária a criação de dois conectores relativos à união cruzamento. A criação destes conectores recorre ao comando *Pipe Connector* que também se encontra representado na figura 4.39 c). A figura 4.39 d) representa a intersecção e tubagens em ambiente Revit, onde também é visível o uso da união cruzamento.

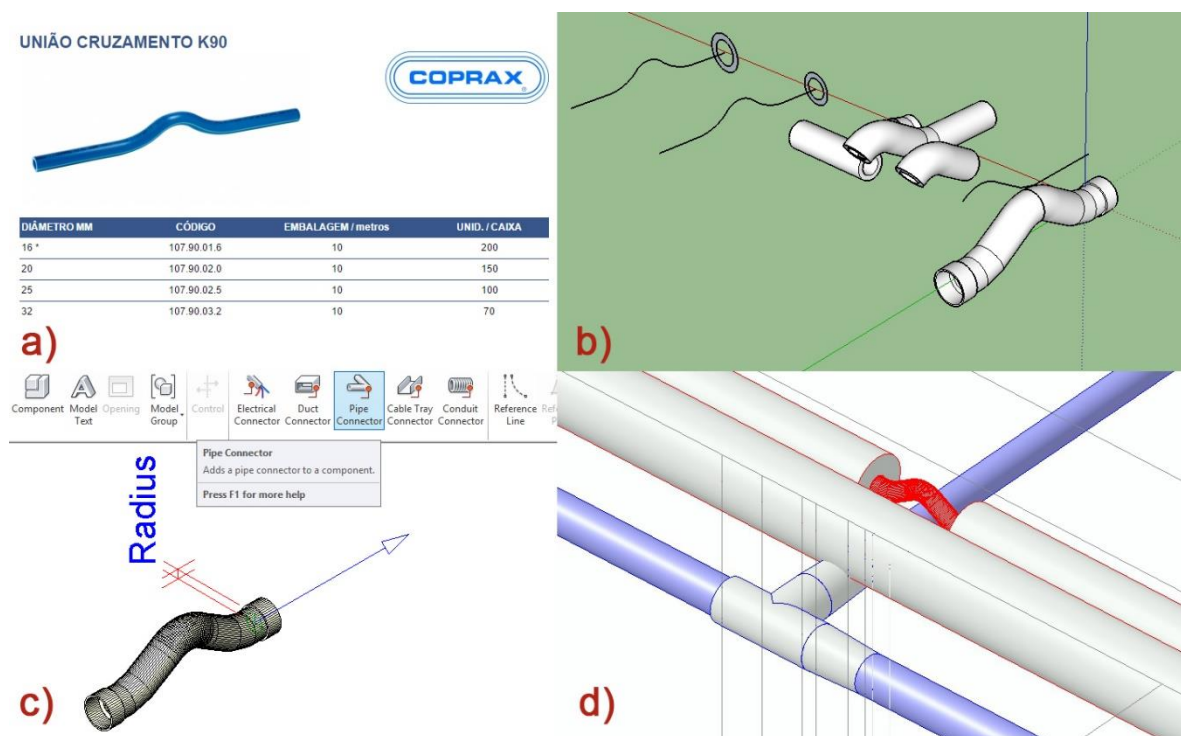


Fig. 4.39 – Etapas de criação da união cruzamento Coprax: a) Ficha de produto da união cruzamento; b) Modelação da união em Sketchup; c) Edição de modelo em Revit; d) Utilização da união cruzamento;

Na figura 4.39 d) é ainda possível observar uma possível incompatibilidade na implementação das tubagens uma vez que o tê da tubagem de água fria intersecta a tubagem de água quente. Tais intersecções foram verificadas recorrendo ao Sketchup que possibilita uma mais rápida visualização do conjunto. Na figura 4.40 é observada a intersecção representada na figura 4.38 e verifica-se que esta apenas se encontra a intersectar a camada de isolamento (branco), estando ambas as tubagens Coprax (azul) isentas de qualquer intersecção. Como o isolamento de polietileno se admite moldável, este tipo de intersecções foram tidas aceitáveis, considerando-se que não vão produzir quaisquer incompatibilidades em obra.

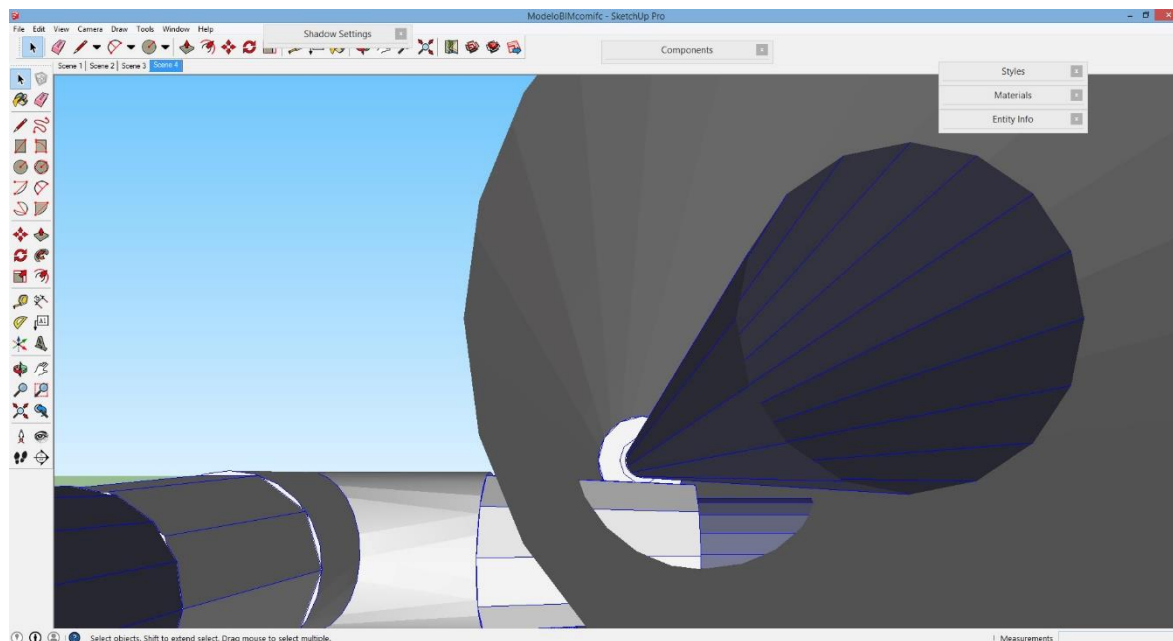


Fig. 4.40 – Verificação de intersecções em ambiente Sketchup

#### 4.5.10. ACESSÓRIOS RELATIVOS À REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Apenas foram considerados como acessórios aqueles equipamentos que não foram necessários à modelação da rede e que são possíveis de adicionar com a rede completamente projetada. Estes são as válvulas de secionamento, as electroválvulas que controlam o sistema de rega do jardim, as válvulas de purga e os medidores de caudal digitais.

As válvulas de secionamento e de purga consideradas são as existentes na biblioteca Revit dos Estados Unidos correspondente ao sistema imperial de unidades. Estas ao não corresponder a unidades métricas foi necessário proceder à alteração dos seus valores de diâmetro de forma a converter os valores da respetiva tubagem em unidades métricas.

As Electroválvulas e medidores de caudal digitais foram obtidos através do *site* Autodesk Seek, <http://seek.autodesk.com/> (Autodesk, 2015b) que constitui uma biblioteca de objetos para software da Autodesk. As electroválvulas e medidores de caudal digitais também tinham as suas unidades relativas ao sistema imperial, pelo que se teve de proceder à alteração dos seus diâmetros.

Em todos os acessórios considerados, as alterações foram sempre efetuadas recorrendo ao comando *Edit Type* da respetiva janela de propriedades associada a cada acessório.

Na tabela 4.4 encontram-se representados todos os objetos paramétricos que fazem parte da rede de abastecimento de águas. Estes encontram-se classificados segundo quatro campos. O primeiro designa o nome de implementação em Revit. O nome Revit, quando surge em componentes genéricos de língua inglesa é acompanhado pelo respetivo nome de objeto em português. O segundo campo é relativo à classificação do objeto em específico e genérico. Um objeto é considerado específico quando corresponde a um objeto real existente no mercado e que se encontra especificado no mapa de trabalhos e quantidades. Deste modo um objeto genérico corresponde a um objeto definido no mapa de trabalhos e quantidades mas que não se encontra especificado quanto ao modelo e respetiva marca comercial. O terceiro campo considerado na tabela 4.4 corresponde à fonte segundo o qual determinado objeto foi



obtido. O quarto e último campo é relativo ao LOD considerado para cada objeto durante o processo de implementação.

Tabela 4.4 – Objetos paramétricos utilizados na rede de abastecimento de águas

	NOME	CLASSIFICAÇÃO	FONTE	LOD
	Lavatório 231065	Específico	Site da Marca Duravit sendo posteriormente editado pelo autor	400
	Sanita 253509	Específico	Site da Marca Duravit sendo posteriormente editado pelo autor	400
	Comando <i>bound</i> OLI	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Autoclismo OLI 74	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Estrutura <i>Simflex</i>	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Bidé 225715	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400

Tabela 4.4 – Objetos paramétricos utilizados na rede de abastecimento de águas (cont.)

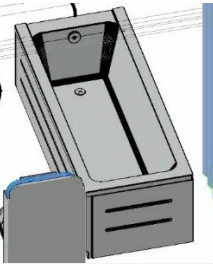
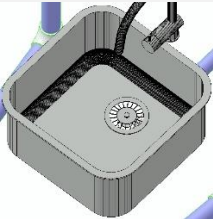
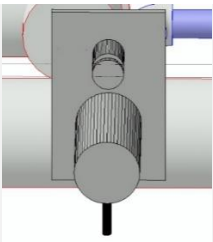
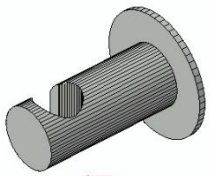
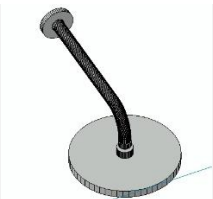
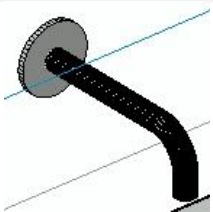
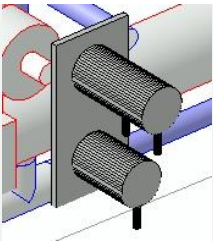
	NOME	CLASSIFICAÇÃO	FONTE	LOD
	Banheira 700098	Específico	Site da Marca Duravit sendo posteriormente editado pelo autor	400
	Pia Bahia Rodi	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Misturadora Duche T1.32T.01	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Suporte chuveiro T1.621.01	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Braço de chuveiro T1.641.01	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Bica banheira de parede T1.671.01	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Misturadora banheira T1.36T.01	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400

Tabela 4.4 – Objetos paramétricos utilizados na rede de abastecimento de águas (cont.)

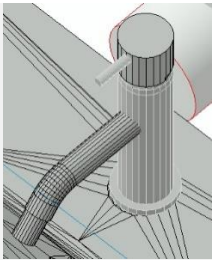
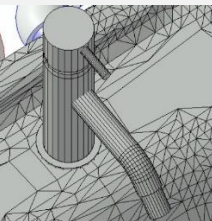
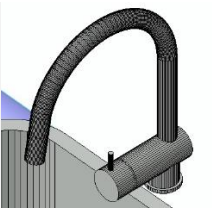
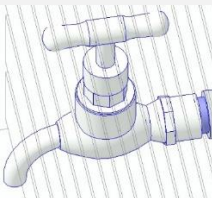
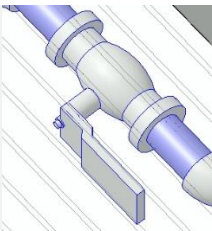
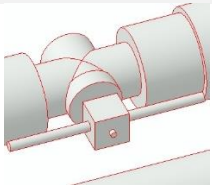
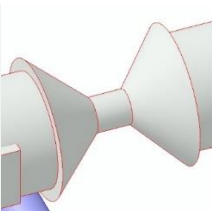
	NOME	CLASSIFICAÇÃO	FONTE	LOD
	Torneira de lavatório T1.10.01	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Torneira de bidé T1.20.01	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Torneira T1.55.01	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Wall Tap (torneira genérica)	Genérico	Biblioteca Revit City	100
	Ball Valve (válvula de seccionamento)	Genérico	Biblioteca Revit	300
	P Valve (válvula de purga)	Genérico	Biblioteca Autodesk Seek	100
	Flow meter (medidor de caudal)	Genérico	Biblioteca Autodesk Seek	100

Tabela 4.4 – Objetos paramétricos utilizados na rede de abastecimento de águas (cont.)

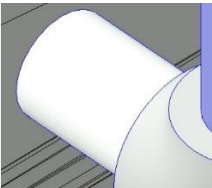
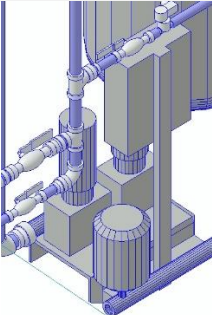
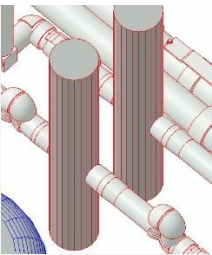
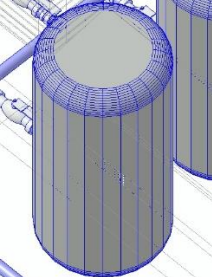
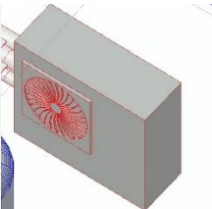
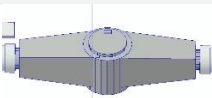
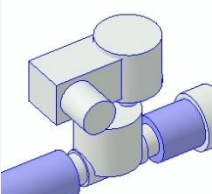
	NOME	CLASSIFICAÇÃO	FONTE	LOD
	<i>Pipe Connector</i> (conector)	Genérico	Biblioteca Revit	100
	Bomba Elevatória Surpress ECO	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Bomba Elevatória genérica	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	100
	Reservatório Elbi CV-500	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Bomba de calor Chiller	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Contador de água	Genérico	Modelado pelo autor em Sketchup	200
	<i>Solenoid Valve</i>	Genérico	Biblioteca Autodesk Seek	100

Tabela 4.4 – Objetos paramétricos utilizados na rede de abastecimento de águas (cont.)

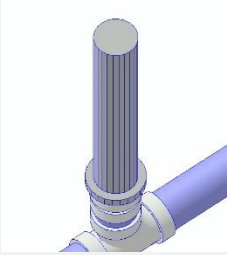
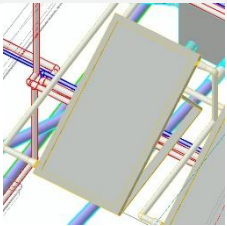
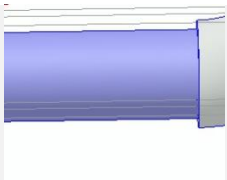
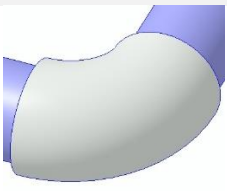
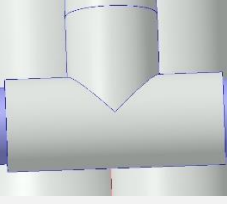
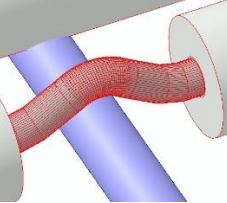
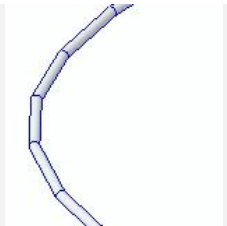
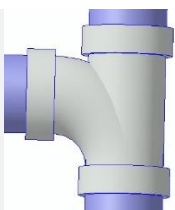
	NOME	CLASSIFICAÇÃO	FONTE	LOD
	Pulverizador de rega	Genérico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Coletor Solar Vulcano FKT-1S	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Pipe PP-R coprax	Específico	Editado a partir da biblioteca Revit	300
	Joelho PP-R coprax	Específico	Editado a partir da biblioteca Revit	300
	Tê PP-R coprax	Específico	Editado a partir da biblioteca Revit	300
	União Cruzamento coprax	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Flex Pipe	Genérico	Editado a partir da biblioteca Revit	300

Tabela 4.4 – Objetos paramétricos utilizados na rede de abastecimento de águas (cont.)

	NOME	CLASSIFICAÇÃO	FONTE	LOD
	Pipe PEAD	Específico	Editado a partir da biblioteca Revit	300
	Joelho PEAD	Específico	Editado a partir da biblioteca Revit	300
	Tê PEAD	Específico	Editado a partir da biblioteca Revit	300

O sistema de abastecimento de água quente sanitária inclui o pré-aquecimento de um líquido, que se encontra em circuito fechado, recorrendo a coletores solares. Este circuito foi incluído na implementação do projeto de abastecimento de águas uma vez que se encontra ligado à bomba de calor, contribuindo para o aquecimento da água quente relativa ao abastecimento. Uma vez que as tubagens relativas aos painéis solares transportam líquido refrigerante, foram representadas com cor diferente das restantes tubagens de abastecimento, sendo a cor escolhida o amarelo. Os diâmetros das tubagens de líquido refrigerante foram consideradas de 20 mm, encontrando-se ambas isoladas, de forma idêntica ao sistema de abastecimento de água quente, para que seja possível reduzir ao máximo as perdas caloríficas.

É possível observar nas figuras 4.41 e 4.42 o aspeto final da rede de abastecimento de águas de uma casa de banho e da divisão técnica, respetivamente. Estas figuras foram obtidas recorrendo à opção *ray trace* de visualização em Revit e contêm equipamentos, conectores, tubagens, isolamento da rede de água quente e acessórios.

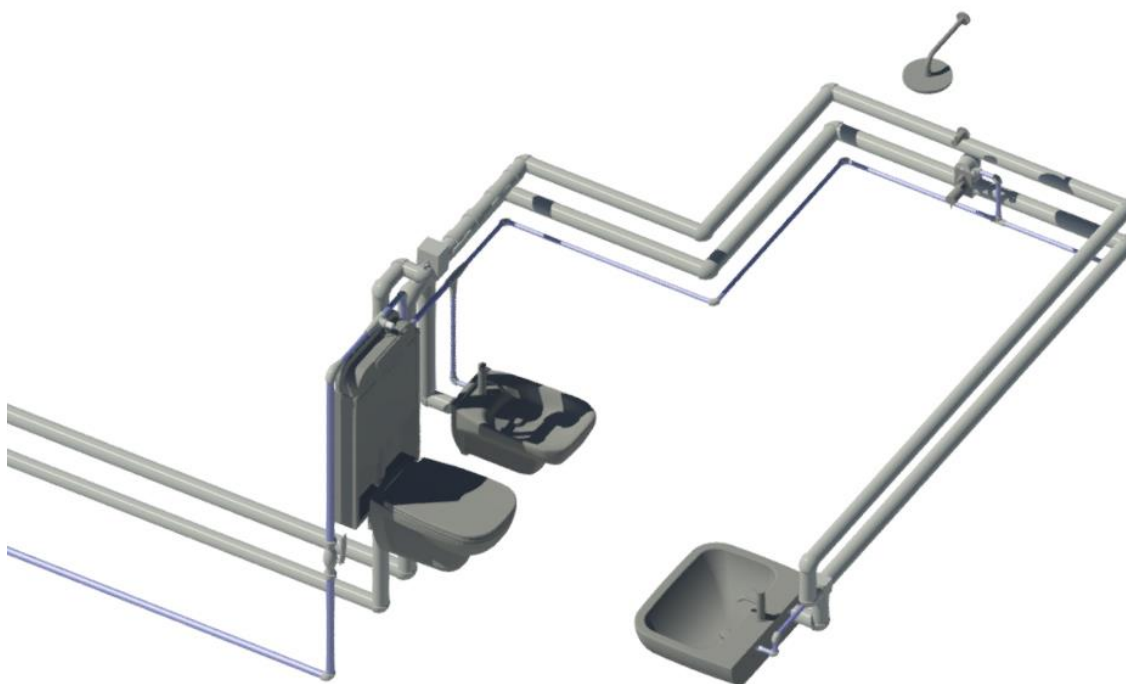


Fig. 4.41 – Rede de abastecimento de água e equipamentos relativos a uma casa de banho

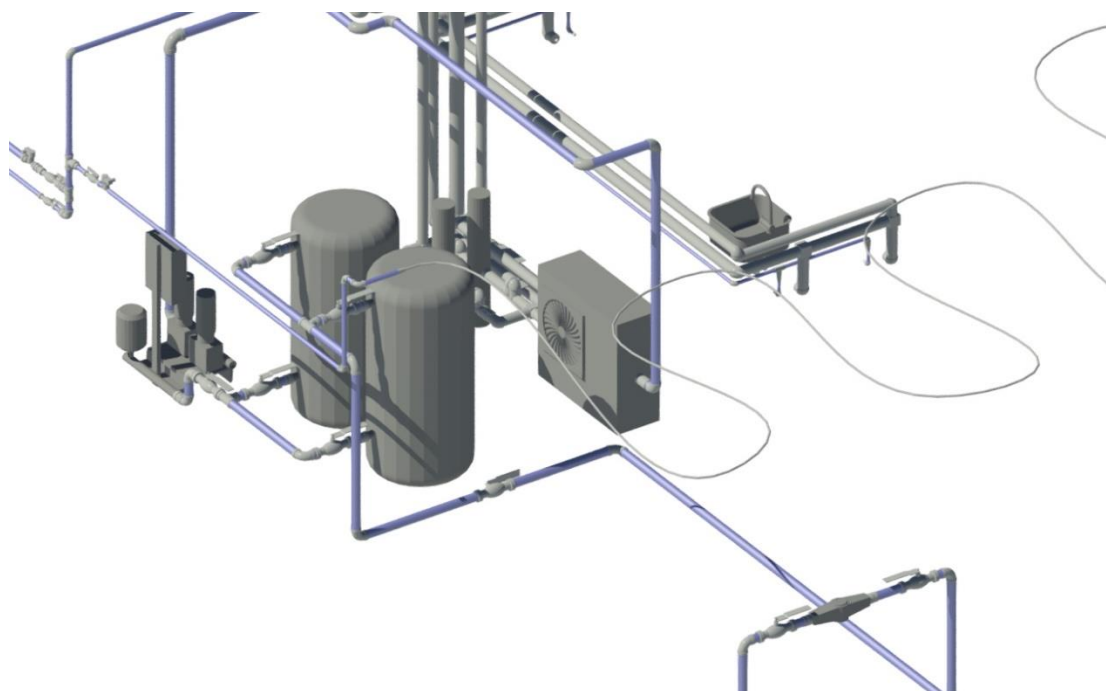


Fig. 4.42 – Rede de abastecimento de água e equipamentos relativos à divisão técnica

Na figura 4.43 mostra-se o aspeto geral e completo da rede de abastecimento de água recorrendo a opção *ray trace* de visualização. Na figura 4.44 observa-se também o aspeto geral da rede de abastecimento de água no entanto recorrendo à opção de visualização *realistic*. A opção *realistic* permite ao utilizador a leitura visualmente apelativa e a distinção dos diferentes sistemas existentes uma vez que



todos os objetos são contornados pela cor do sistema respetivo. Deste modo a opção *realistic* revela-se muito útil ao longo da modelação das diferentes instalações permitindo de forma visual a correta separação dos diferentes objetos. Em ambas as figuras 4.43 e 4.44 é possível observar os diferentes objetos paramétricos interligados como um todo, constituindo o projeto de abastecimento de águas.

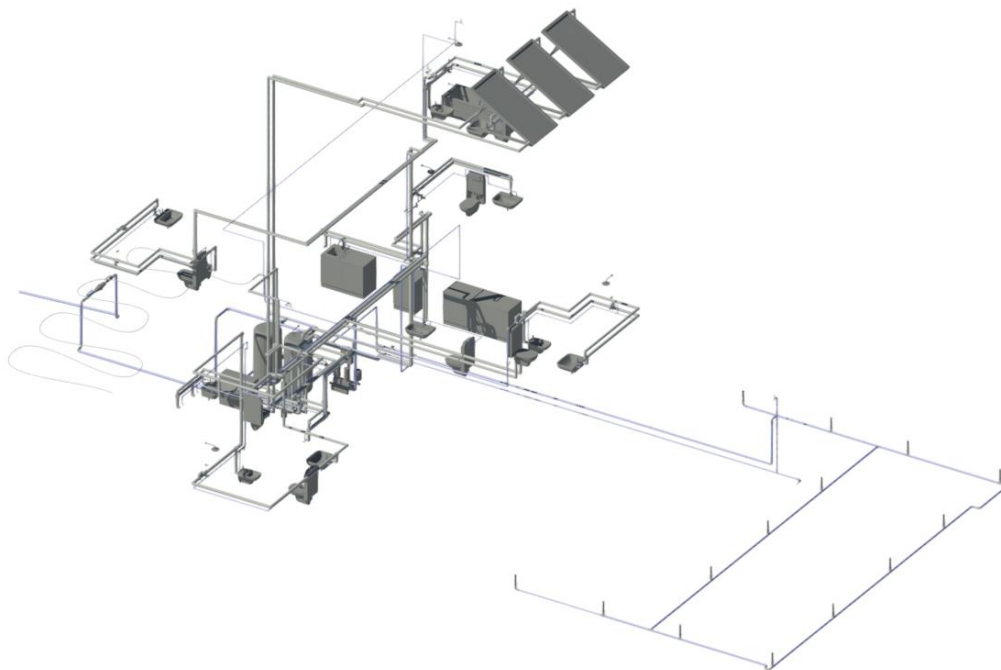


Fig. 4.43 – Vista geral da rede de abastecimento de águas

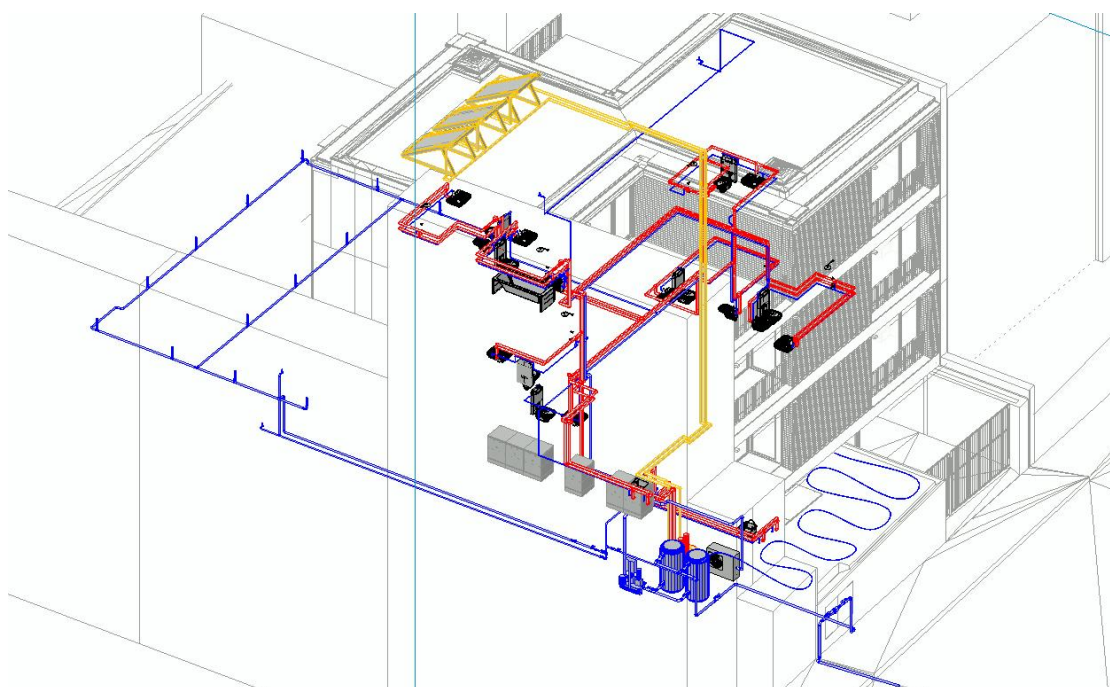


Fig. 4.44 - Vista geral da rede de abastecimento de águas em modo de visualização *realistic*

#### 4.5.11. METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS

Nas figuras 3.7 e 3.8 encontram-se representados extratos do projeto de águas residuais e pluviais e através da sua observação constata-se que ambos os projetos se encontram totalmente definidos admitindo-se assim a inexistência de quaisquer omissões relativas a ambos os projetos. Contudo a par do projeto teve-se em atenção as regras de traçado presentes no regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e de drenagem de águas residuais (Ministério das obras públicas, t.e.c., 1995), em especial atenção o ponto 5 do artigo 233º relativa à abertura para o exterior dos tubos de queda uma vez que no projeto de instalações fornecido nada é mencionado a este respeito.

O artigo 233º ponto 5 alínea a) informa: A abertura para o exterior dos tubos de queda de águas residuais domésticas deve localizar-se a 0,5 m acima da cobertura da edificação ou, quando esta for terraço, 2 m acima do seu nível.

Considerou-se assim uma altura de 0,5 m acima da cobertura em todos os tubos de queda relativos às águas residuais.

Tendo presente as regras de traçado associadas ao projeto CAD e mapa de trabalhos e quantidades bem como às ferramentas possíveis de utilização, a metodologia que se encontrou mais rápida e eficaz de implementar consiste nos seguintes passos:

- Implementação de todos os tubos de queda;
- Implementação de equipamentos, caixas de pavimento, caixas de visita, ralos, caleiras e *trop-pleins*;
- Implementação das restantes canalizações;

Embora a metodologia descrita faça a união de ambas as redes de águas pluviais e residuais a serem implementadas simultaneamente, no presente caso de estudo, estas foram implementadas de forma separada. No entanto este modo separativo de implementação revelou-se erróneo uma vez que ao nível do piso 0 os objetos relativos às águas residuais tiveram de ser reajustados após a colocação dos objetos relativos às águas pluviais, considerando-se que este modo de proceder revela uma notável perda associada ao tempo e economia de projeto.

#### 4.5.12. IMPLANTAÇÃO DOS TUBOS DE QUEDA

Os tubos de queda são implantados de forma semelhante às tubagens verticais de abastecimento de águas, recorrendo à ferramenta *Pipe* existente na aba *Systems* do *Ribbon*. Na janela de propriedades relativa à tubagem será necessário alterar o campo *System Type* para *Sanitary* dando informação ao Revit que se trata de águas residuais e que desta forma qualquer objeto que faça parte da rede passa a fazer parte deste novo sistema. À semelhança da rede de abastecimento de água, a este novo sistema é atribuída uma cor que permite diferenciar esta rede, sendo o verde a cor que distingue a rede de águas residuais, das de abastecimento de águas às quais foram atribuídas as cores azul e vermelho, fria e quente, respetivamente.

O campo *System Type* não possui qualquer designação própria para águas pluviais, deste modo foi necessário criar um *System Type* relativo a estas. O processo de criação de um *System Type* relativo à rede de águas pluviais encontra-se representado na figura 4.45. Através da janela de navegação presente na figura 4.45 selecionou-se o *System Type* relativo às águas residuais (*Sanitary*) e através da sua janela *Type Properties* duplicou-se o sistema pelo comando *Duplicate* após o qual se nomeou o *System Type* duplicado de “*Pluviais*”. Através do comando *Edit* presente na janela *Type Properties* abriu-se uma nova janela com o nome de *Line Graphics* apresentada na figura 4.45

e na qual se escolheu a cor azul ciano para uma melhor visualização e distinção entre as diferentes redes.

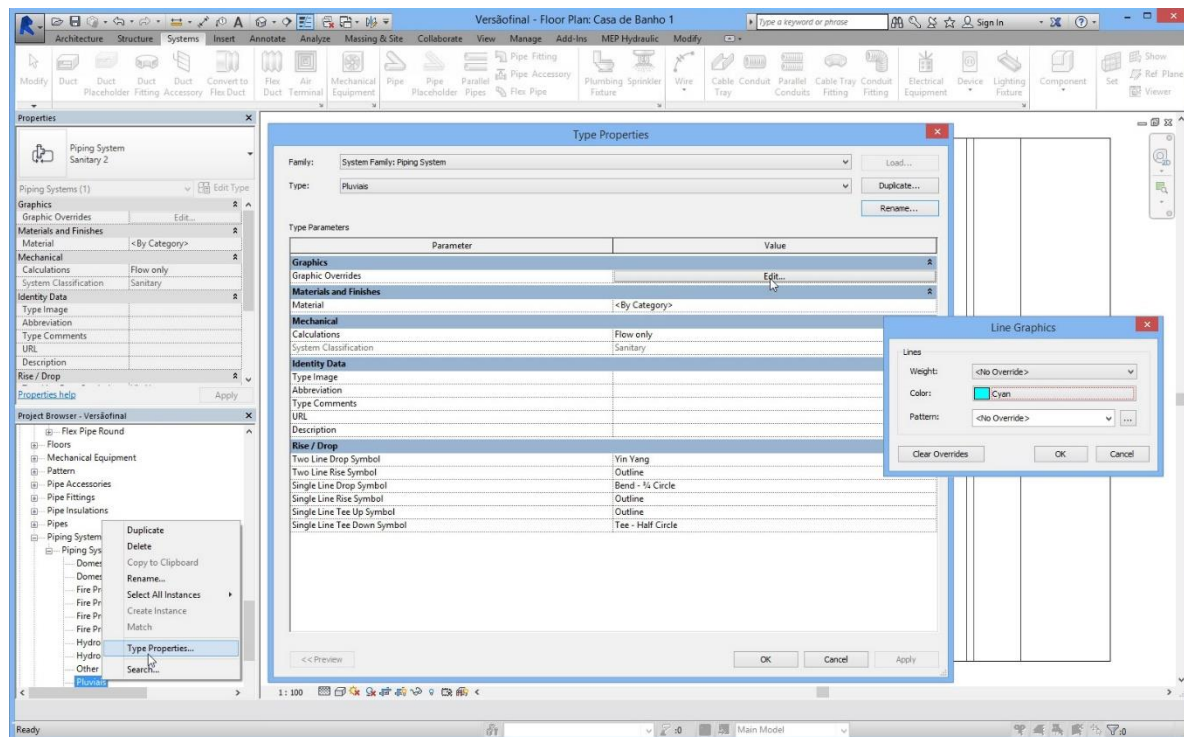


Fig. 4.45 – Criação de um *System Type* relativo à rede de águas pluviais

Após o sistema relativo à rede de águas pluviais estar criado, é possível associar qualquer objeto a este novo sistema, aparecendo sempre limitado por linhas de cor azul ciano. Numa primeira fase de implementação da rede de águas pluviais foram desenhados todos os tubos de queda relativos a esta.

#### 4.5.13. ELEMENTOS RELATIVOS À REDE DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS

Para a colocação de alguns elementos relativos às redes de águas residuais e pluviais foi necessário editar o campo de visão relativo aos pisos, uma vez que vários elementos, como é o caso das caixas de visita, se encontram abaixo da cota de cada piso definida como apresentado na figura 4.20. Para edição do campo de visão relativo a cada piso é necessária a seleção do campo *View Range*, presente na sua janela de propriedades. Esta janela, tal como se mostra na figura 4.46 relativa ao piso 0 contém um conjunto de opções que permitem a edição do campo de visão relativo a um determinado piso. O vários campos existentes na janela *View Range* permitiram definir a altura do piso, a localização do corte bem como a profundidade abaixo da cota de laje que se encontra visível.

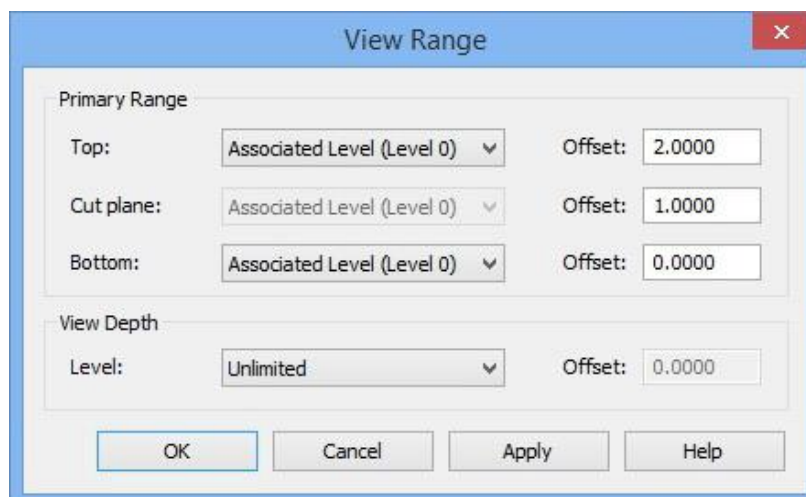


Fig. 4.46 – Janela *View Range* relativa ao piso 0

À exceção das caixas de pavimento, todos os equipamentos relativos às águas residuais e pluviais foram previamente modelados em Sketchup para serem de seguida convertidos em objetos paramétricos através do ambiente de criação *families* pelo mesmo processo explicitado para os equipamentos da rede de abastecimento de água.

Uma vez que as caixas de pavimento não se encontravam especificadas no mapa de trabalhos e quantidades foi utilizada uma caixa de pavimento da empresa tigre (Tigre, 2015) que se encontra na biblioteca *ofcdesk* (Ofcdesk, 2015).

Relativamente às caixas de visita, presentes no piso 0 do edifício, estas foram modeladas de forma conjunta em Sketchup e depois exportadas isoladamente para Revit. A figura 4.47 representa as caixas de visita relativas ao piso 0 após serem modeladas em ambiente Sketchup. Estas foram modeladas sobre a laje de piso previamente importada para Sketchup como mostra a figura 4.47. Esta metodologia de modelação sobre a laje constituiu uma estratégia uma vez que como se pode observar pelo projeto de águas residuais representadas nas figuras 3.7 e 3.8, as inclinações e localizações dos ramais de ligação já se encontram totalmente definidas. Ora isto faz com se seja necessário colocar as caneluras nas caixas de inspeção corretamente posicionadas de forma a que após implementados os ramais de ligação e a partir das respetivas caneluras, estes fiquem com as inclinações rigorosamente definidas. Para que as caneluras se encontrassem corretamente localizadas, foi simulada em Sketchup a colocação dos ramais de ligação.

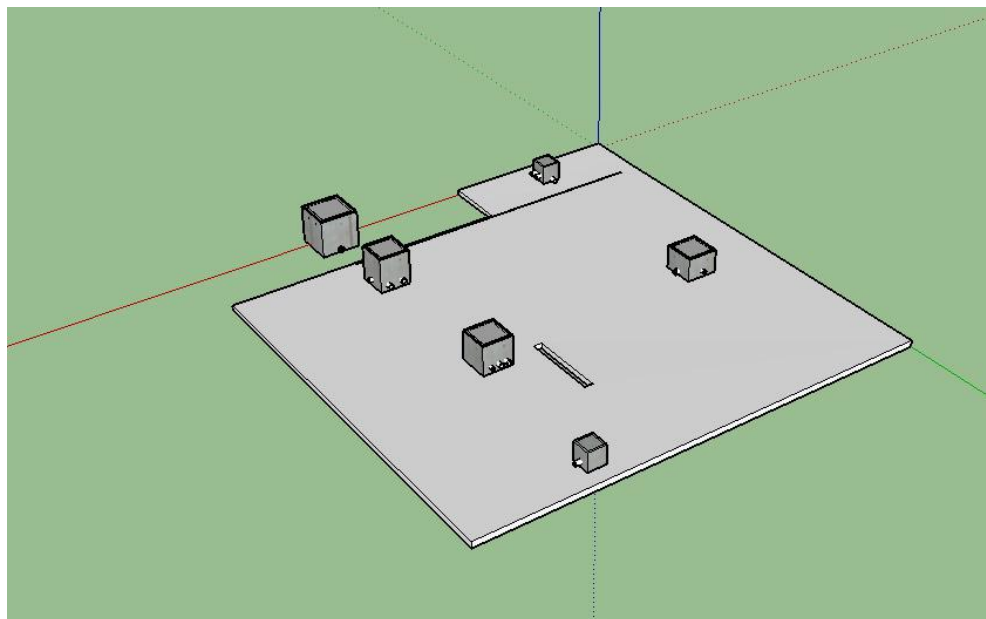


Fig. 4.47 – Modelação em Sketchup as caixas de visita e simulação da sua localização

#### 4.5.14. CANALIZAÇÕES RELATIVAS À REDE DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS

As canalizações relativas à rede de águas residuais e pluviais recorrem a um conjunto de ferramentas que definem as diferentes inclinações e que são necessárias ao seu projeto. Na figura 4.48 a) encontram-se representadas estas ferramentas que se localizam na aba *Modify* quando uma determinada canalização se encontra a ser desenhada. A ferramenta *Slope Off* desliga qualquer inclinação, a Ferramenta *Slope Up* possibilita um traçado com uma inclinação ascendente com o valor do ângulo previamente escolhido no campo *Slope Value*. A ferramenta *Slope Down* funciona da mesma forma que a *Slope Up* com a diferença de desenharmos uma rede no sentido descendente. Existe ainda o comando *Show Slope Tooltip* que possibilita, durante o desenho de uma determinada canalização, a visualização de informações da cota inicial da canalização e a final, sendo estas informações acompanhadas pelo ângulo de inclinação tal como demonstrado na figura 4.48 b).

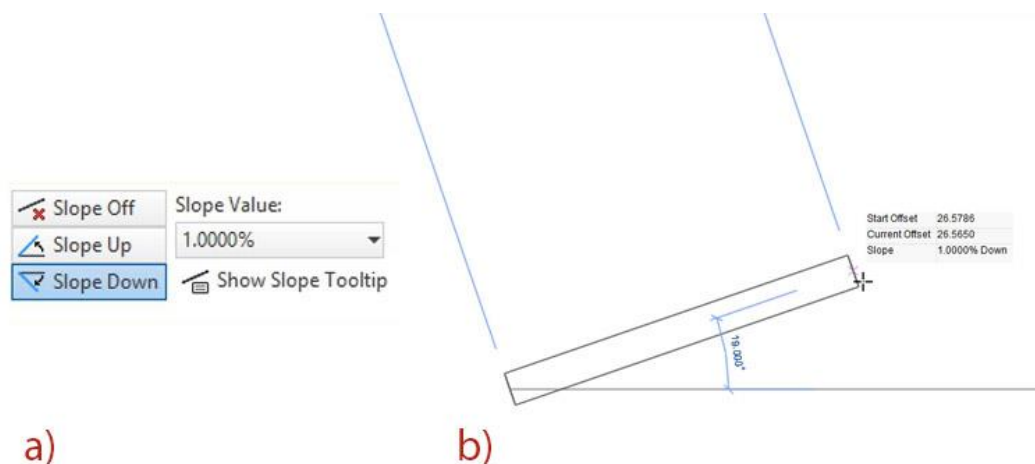


Fig. 4.48 – a) Ferramentas de inclinação; b) Desenho de uma canalização

Pela observação das figuras 3.7 e 3.8 é possível verificar que ao longo do projeto de águas residuais e pluviais as inclinações de tubagem mais frequentes fixam-se no valor de 1% de inclinação, que constitui um dos valores *standard* associado a tubagens no Revit. No entanto observando a figura 3.7 é possível verificar que a rede de drenagem de águas freáticas, representada a castanho, possui toda ela uma inclinação de 0.5% o que leva o projetista à criação de um novo ângulo de inclinação de tubagem. O processo de criação de um novo ângulo de inclinação encontra-se representado na figura 4.49. Inicialmente através da aba *Manage* do *Ribbon* selecionam-se os comandos *MEP Settings* e *Mechanical Settings* que permitem a abertura de uma janela nomeada *Mechanical Settings*. A janela *Mechanical Settings* possui um conjunto de opções que permite ao projetista selecionar ângulos permitidos entre tubagens, fórmulas de cálculo a usar, viscosidade de fluidos, temperaturas, ângulos de inclinação, entre outros. A opção desta janela que permite criar uma nova inclinação é a opção *Slopes*, na qual se selecionou o comando *New Slope* para que seja possível indicar o valor da nova inclinação. Após a criação desta, o valor de 0,5% estará disponível no campo *Slope Value* representado na figura 4.48 a). Na opção *Angles* foi selecionado qualquer tipo de ângulo, de forma a que o Revit permita a utilização de qualquer tipo de ângulo de junção de tubagens.

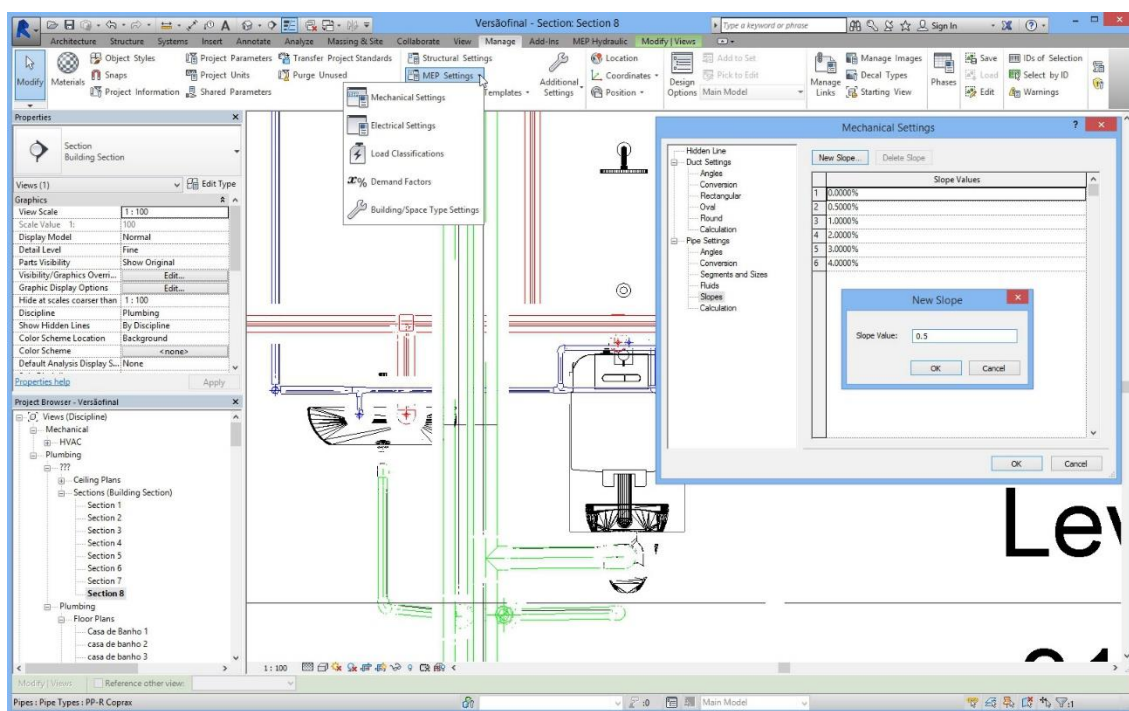


Fig. 4.49 – Processo de criação de uma nova inclinação de tubagens

Na área de desenho da figura 4.49 é possível observar representado a verde um conjunto de instalações relativo às águas residuais. Neste conjunto observa-se o sistema separativo de águas, estando o tubo de queda mais à esquerda associado às águas de sabão e o da direita associado às águas negras.

À medida que as tubagens de águas residuais e pluviais vão sendo desenhadas, o Revit vai criando juntas, pelo mesmo processo descrito na figura 4.34 para a rede de abastecimento de água. No entanto estas necessitam muitas vezes de edição, quando de um joelho se quer passar para um tê por exemplo ou ainda quando o *software* não as associa diretamente devido a um erro interno e é necessário fazer a implementação manual de determinada junta.



A figura 4.50 representa o processo de implementação de trecho da rede de águas pluviais, sendo este processo bastante semelhante à implementação descrita para a rede de abastecimento de águas. No entanto na figura 4.50 apresenta-se um exemplo de implementação recorrendo a um corte previamente criado. Na figura 4.50 a) é possível observar um ralo em pinha colocado na cobertura da habitação e que foi previamente modelado em Sketchup e importado para Revit. Na figura 4.50 b) observa-se o desenho da ligação entre o ralo em pinha e um tubo de queda previamente projetado. O pequeno ponto cor-de-rosa que aparece na figura 4.50 b) indica o alinhamento de ambas as tubagens e a possibilidade de efetuar uma correta ligação na localização considerada. Na figura 4.50 c) é possível observar a automática e imediata implementação de um joelho como forma de junta entre as duas tubagens. A figura 4.50 d) mostra o reposicionamento horizontal do ralo de pinha que é possível efetuar sem que haja a desconexão da tubagem a que este se encontra ligado.

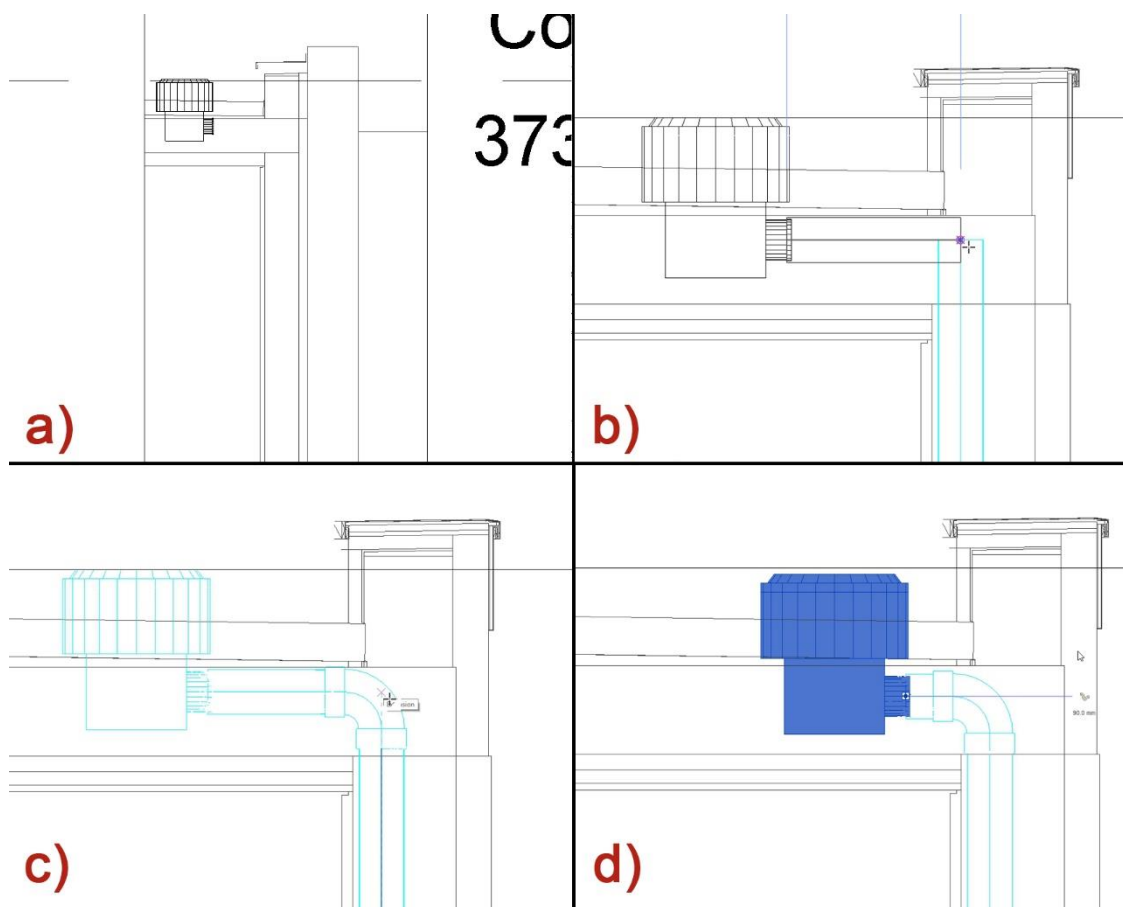


Fig. 4.50 – Processo de implementação de um ralo de pinha com um tubo de queda: a) Colocação do ralo em pinha; b) Desenho de tubagem; c) Implementação automática de um joelho; d) Reposicionamento do ralo;

Apesar de na janela *Mechanical Settings* ser selecionada a opção de considerar qualquer tipo de ângulo, a rede de águas residuais ao nível do piso 0 revelou-se de extrema dificuldade de implementar. A dificuldade relativa ao piso 0 foi causada pelo elevado número de erros apresentados nas ligações das diferentes caixas de visita. Um erro que sistematicamente ocorreu na ligação de duas caixas de visita encontra-se representado na figura 4.51 a). Este erro impedia de forma sistemática a ligação entre as diferentes caixas de visita e foi resolvido iterativamente, ora pela ligeira deslocação de uma caixa de visita, ora pela ligeira alteração de cota das coretes nas caixas de visita. A figura 4.51 b) representam o ramal de ligação instalado após várias iterações e sem que o



Revit tenha apresentado qualquer tipo de erro associado. O erro de ligação entre as duas caixas de visita torna-se no entanto bastante evidente sem que o *software* tenha reconhecido qualquer tipo de erro.

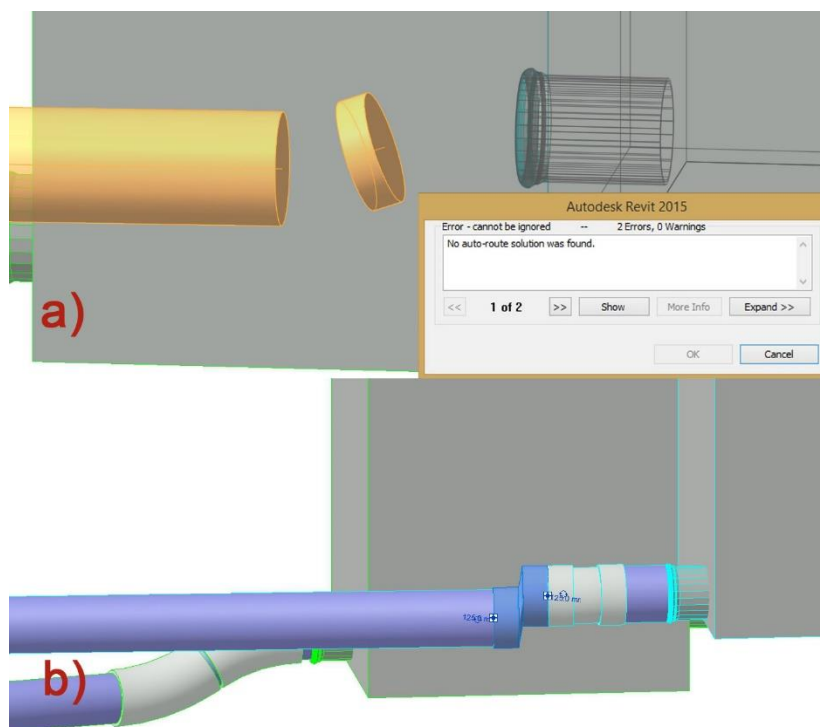


Fig. 4.51 – Tentativas de implementação dos ramais de ligação: a) Erro e ligação; b) Ramal de ligação instalado sem reconhecimento de qualquer tipo de erro;

A figura 4.52 representa as alterações que tiveram de ser consideradas ao nível do primeiro piso, pela implementação de forma separada das redes de águas residuais e pluviais. Muitos objetos associados às águas residuais tiveram de ser recolocados devido à existência de caleiras, relativas à rede de águas pluviais, posicionadas de forma rigorosa em determinados locais específicos. Após o reposicionamento da caixa de visita representada na figura 4.52, os ramais de ligação não acompanharam esta da forma representada na figura 4.50 para o ralo em pinha. Desta forma foi necessário todo um conjunto de novas iterações de posições de modo ao Revit corrigir todas as ligações entre as várias caixas de visita movimentadas.

Pela possibilidade de existência deste tipo de erros de sobreposição de objetos aconselha-se a correta e rigorosa aplicação da metodologia de implementação já explicitada:

- Implementação de todos os tubos de queda;
- Implementação de todos os equipamentos;
- Implementação das restantes canalizações;

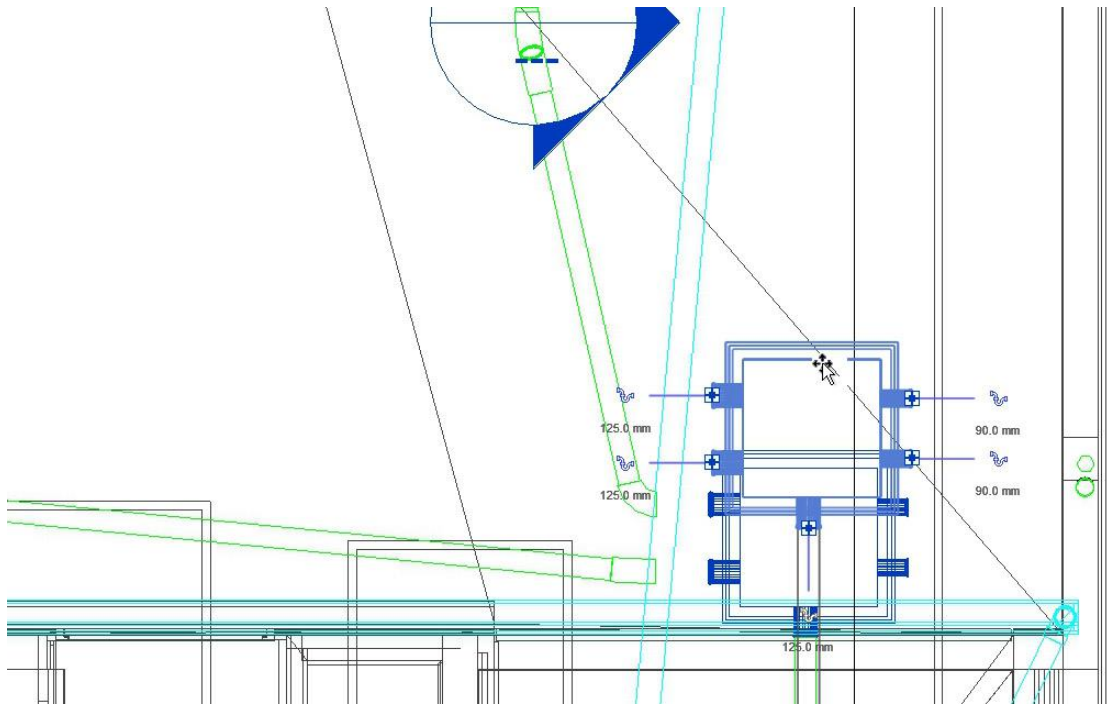


Fig. 4.52 - Reposicionamento de uma caixa de visita pela existência de objetos sobrepostos

Na tabela 4.5 encontram-se representados todos os objetos paramétricos que fazem parte da rede de águas residuais e pluviais. Os objetos paramétricos representados na tabela 4.5 encontram-se classificados segundo quatro campos e à semelhança da tabela 4.4, relativa ao abastecimento de águas, sendo consideradas as mesmas regras de classificação. O primeiro campo designa o nome de implementação em Revit. O segundo campo refere a classificação do objeto em específico e genérico. O terceiro campo considerado corresponde à fonte segundo o qual determinado objeto foi obtido, sendo o quarto campo é relativo ao LOD considerado para cada objeto durante o processo de implementação.

Tabela 4.5 - Objetos paramétricos utilizados na rede de águas residuais e pluviais

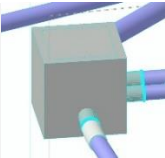
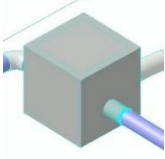
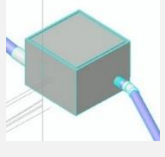
	NOME	CLASSIFICAÇÃO	FONTE	LOD
	Caixa não visitável P1	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa não visitável P2	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa de visita P1	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400

Tabela 4.5 - Objetos paramétricos utilizados na rede de águas residuais e pluviais (cont.)

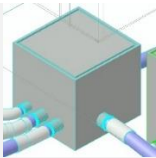
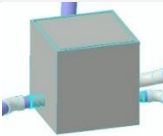
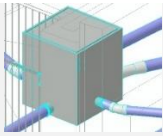
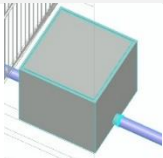
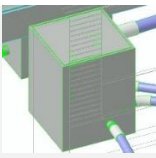
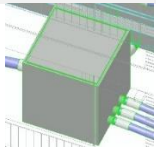
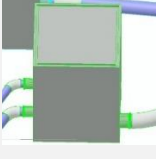
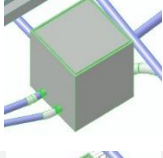
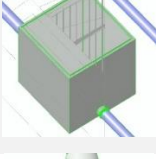
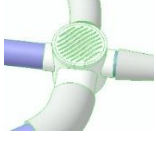
	<b>NOME</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO</b>	<b>FONTE</b>	<b>LOD</b>
	Caixa de visita P2	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa de visita P3	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa de visita P4	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa de visita P.RL	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa de visita R1	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa de visita R2	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa de visita R3	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa de visita R4	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa de visita R.RL	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caixa sifonada montada	Genérico	Biblioteca Ofcdesk	200

Tabela 4.5 - Objetos paramétricos utilizados na rede de águas residuais e pluviais (cont.)

	NOME	CLASSIFICAÇÃO	FONTE	LOD
	<i>Bottle Trap</i> (sifão)	Genérico	Biblioteca Revit City	100
	Caleira Ranhurada	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Caleira Moldada	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	<i>NBS Ventilation</i>	Genérico	National BIM Library	200
	Ralo Spin de Pinha	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	Ralo <i>Easy Flow</i>	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	<i>Trop Plein</i>	Específico	Modelado pelo autor em Sketchup	400
	<i>Pipe PP-R</i> coprax (tubagem)	Específico	Editado a partir da biblioteca Revit	300
	Joelho PP-R coprax	Específico	Editado a partir da biblioteca Revit	300
	Tê PP-R coprax	Específico	Editado a partir da biblioteca Revit	300

Na figura 4.53 é possível visualizar um pormenor da rede de águas residuais relativo a uma casa de banho. Nesta figura observa-se a caixa de pavimento à qual estão ligados os ramais de ligação relativos os diferentes equipamentos sanitários.

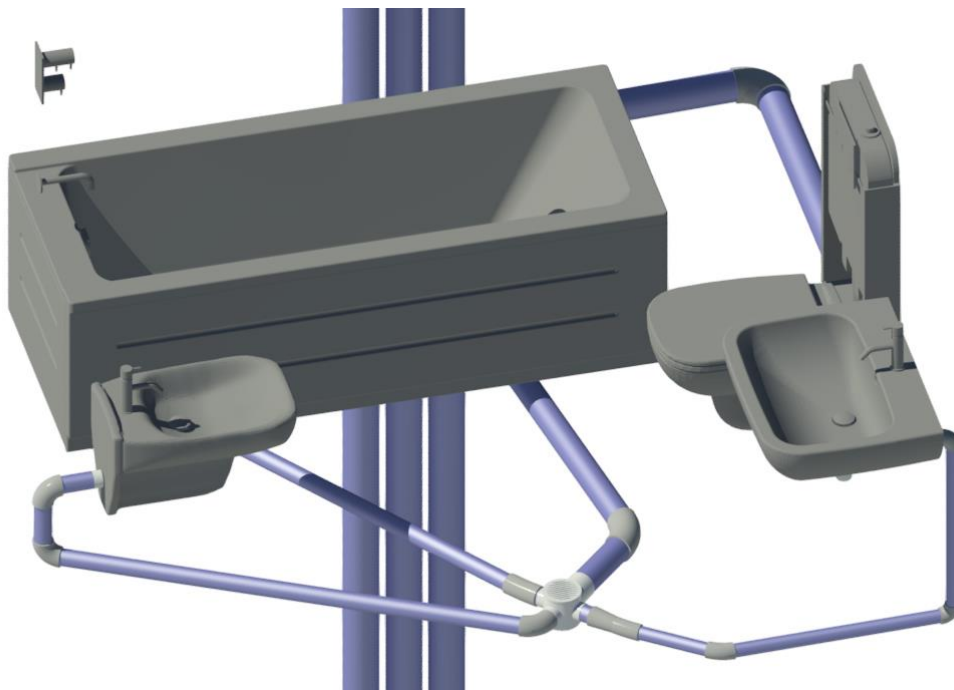


Fig. 4.53 – Rede de águas residuais relativas a uma casa de banho

Na figura 4.54 é possível observar o aspeto final de um trecho da rede de águas residuais e pluviais relativas ao piso 0. Esta figura contém caixas de visita, ramais de ligação, tubos de queda e caleiras.

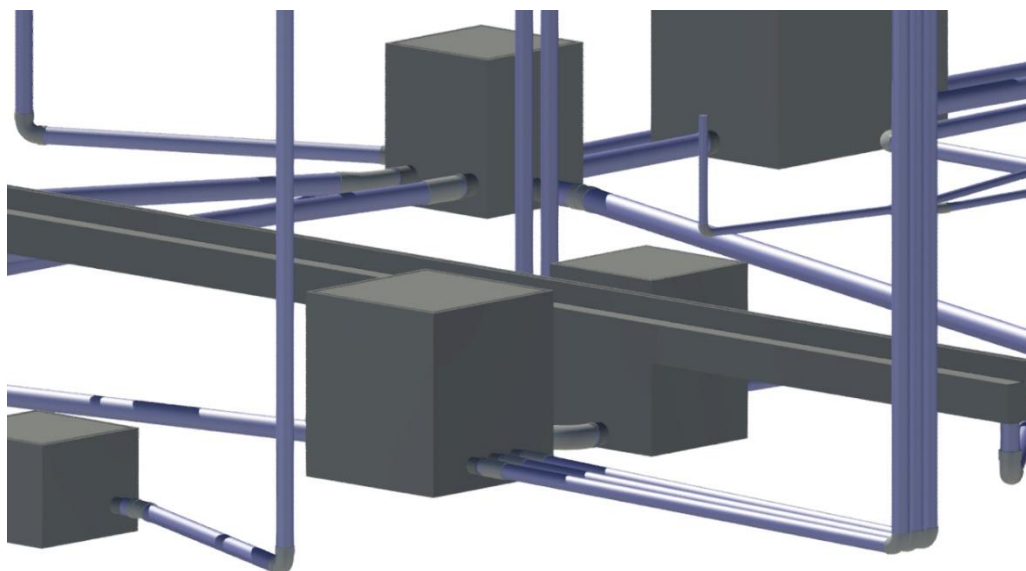


Fig. 4.54 – Aspeto geral de um trecho da rede de águas residuais e pluviais relativo ao piso 0

Na figura 4.55 observa-se a vista geral e completa do projeto da rede de águas residuais e pluviais. Nesta figura é possível visualizar todos os equipamentos utilizados bem como todas as ligações efetuadas relativas às instalações residuais e pluviais.

As figuras 4.53, 4.54 e 4.55 foram obtidas recorrendo à opção *ray trace* de visualização em Revit.

A figura 4.56 é relativa à vista geral da rede de águas residuais e pluviais utilizando a opção *realistic* de visualização. Na figura 4.56 é possível observar a separação gráfica existente entre as águas residuais, representadas a verde e as águas pluviais representadas a azul. Esta separação gráfica, à semelhança da existente no abastecimento de águas, torna-se bastante útil durante a implementação das instalações. A opção *realistic*, devido às suas capacidades gráficas de representação foi aquela que se revelou mais adequada à utilização durante o processo e implementação.

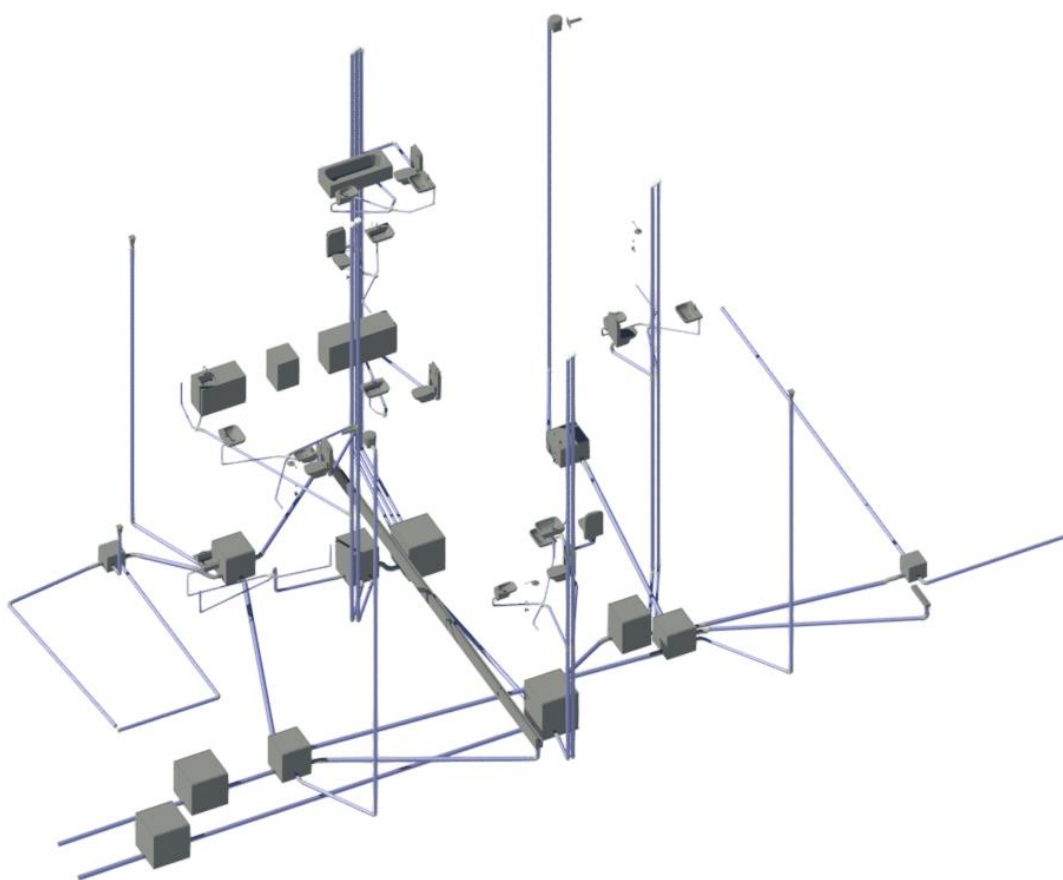


Fig. 4.55 – Vista geral da rede de águas residuais e pluviais



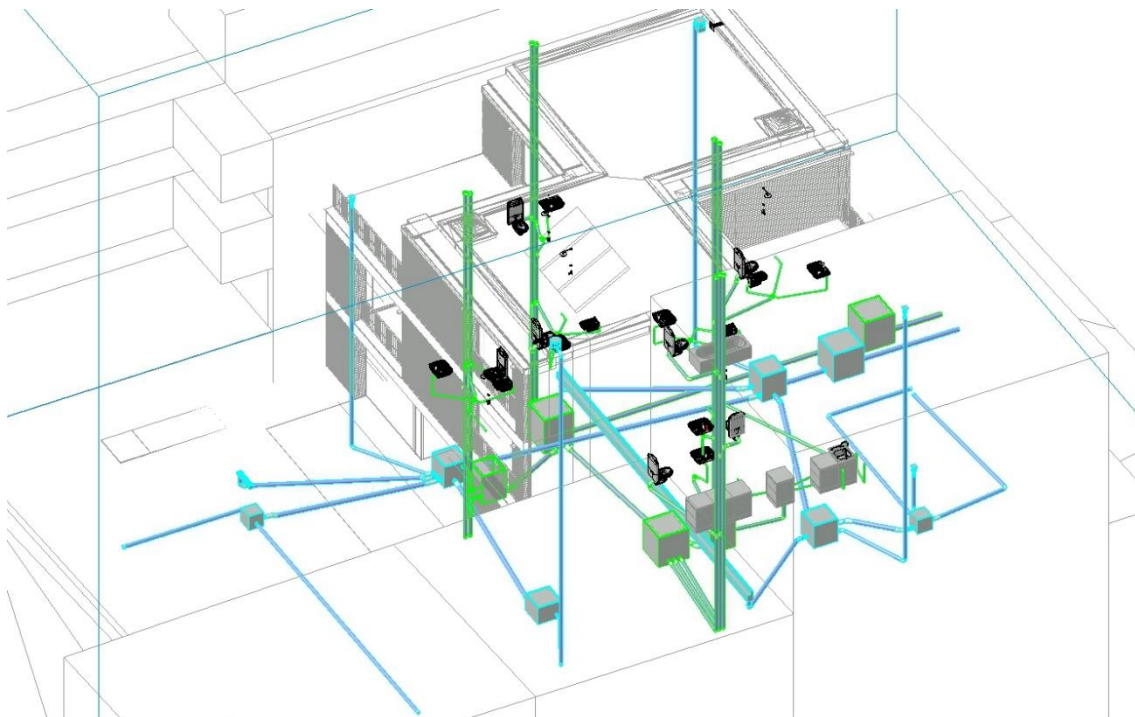


Fig. 4.56 - Vista geral da rede de águas residuais e pluviais em modo de visualização *realistic*

#### 4.5.15. METODOLOGIA DE IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE ASPIRAÇÃO CENTRAL

O sistema de aspiração central não possui qualquer projeto de instalações associado, foi assim a única instalação realizada de raiz em Revit. Foram no entanto consultadas as características fundamentais do sistema de aspiração central da marca comercial Aertecnica (Aertecnica, 2015) a instalar na habitação em estudo.

No projeto de um sistema de aspiração central há também que considerar o tamanho das mangueiras de aspiração a implementar e que constituem um acessório ao sistema. Estas mangueiras de aspiração constituem um acessório que é guardado e transportado pelo utilizador, sendo independente do sistema mas que no entanto influencia a existência do número de entradas a considerar em cada piso. O número de condutas verticais a considerar por cada piso estará sempre associado ao comprimento de abrangência das mangueiras. Assim a metodologia a implementar foi:

- Estudo de abrangência das mangueiras e determinação do número de condutas verticais;
- Colocação dos equipamentos do sistema;
- Projeto das condutas;

#### 4.5.16. ABRANGÊNCIA DAS MANGUEIRAS DE ASPIRAÇÃO

As marcas comerciais disponibilizam mangueiras de comprimento entre os 7 e 9 metros, sendo possível, por encomenda, obter uma mangueira até 12 metros. Se num determinado edifício a entrada do sistema de aspiração central distar mais de 12 metros do ponto em planta mais distante, será necessário considerar 2 ou mais condutas verticais, dependendo sempre da área, distâncias e das características arquitetónicas do edifício.

De modo a determinar o comprimento adequado de mangueira à habitação bem como o consequente número de condutas verticais, foi realizado um estudo com várias plantas do projeto de



arquitetura importadas desde o ArchiCAD para o software AutoCAD em que se desenhou linhas que distam de um ponto intermédio da planta em análise e que corresponde a uma entrada de aspiração central. Para cada linha foi determinado o seu comprimento sendo os resultados relativos ao piso 2 representados na figura 4.57.

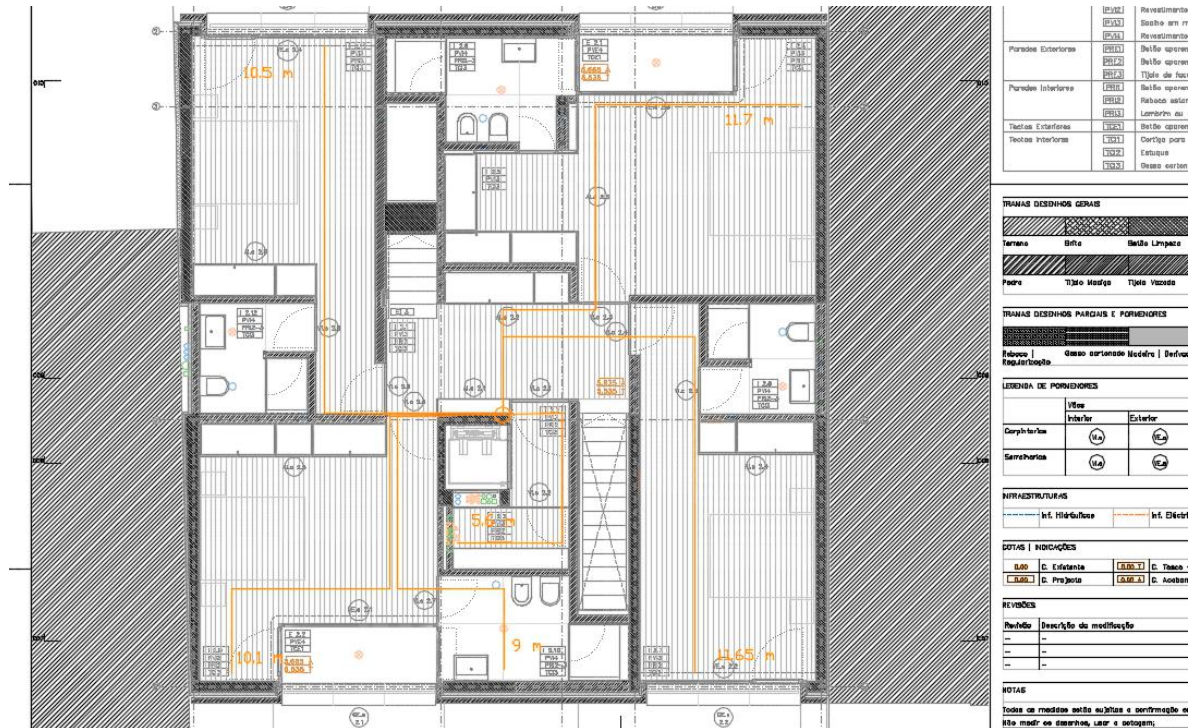


Fig. 4.57 – Abrangência das mangueiras de aspiração

Pela observação da figura 4.57 verificou-se que não existia nenhuma linha com comprimento superior a 12 metros, porém quase todas apresentando distâncias superiores a 9 metros. Sendo as mangueiras de aspiração flexíveis e estando o estudo realizado com linhas perpendiculares considera-se ainda a existência de uma margem de segurança. Considerou-se assim uma mangueira de 12 metros associada a uma única entrada de aspiração, localizada na parede que constitui a caixa da plataforma elevatória, como sendo suficiente para o bom desempenho do sistema de aspiração central.

#### 4.5.17. PROJETO DE EQUIPAMENTOS E CONDUTAS DE ASPIRAÇÃO CENTRAL

As diferentes fases da implementação do sistema de aspiração central estão representadas na figura 4.58. Inicialmente teve-se em consideração aspetos fundamentais relativos à instalação da aspiração central. Representa-se na figura 4.58 a) o tipo de instalação fornecido pela empresa Aertecnica, sendo possível observar o aspeto geral da conduta e juntas bem como a existência de uma conduta de exaustão para o exterior. A figura 4.58 b) representa o aspirador e a respetiva conduta a ser implementada. O aspirador implementado corresponde a um equipamento genérico de biblioteca sendo a conduta implementada a *standard* associada ao Revit. Para que fosse possível a implementação de joelhos e tês na conduta foi necessário aceder à sua respetiva janela *Type properties* por um processo similar àquele que se pôde observar pelas figuras 4.32 e 4.33. O diâmetro de conduta considerado foi o de 50 mm fornecido pelo fabricante. A figura 4.58 c) é relativa a uma entrada de aspiração na qual se tem em consideração um diâmetro de entrada de 40 mm menor 10 mm que o diâmetro geral da conduta

de forma a colocar quaisquer objetos suscetíveis de causar entupimentos na zona da entrada e de forma que esta possa facilmente ser desobstruída. A figura 4.58 d) representa uma entrada de aspiração em ambiente Sketchup, constituindo a verificação do sistema de aspiração a ultima fase do processo de implementação efetuado. Ainda pelas figuras 4.58 b) e c) é possível observar a cor rosa associada à conduta, pertencendo estas ao *System Type* de retorno de ar *Return Air*. Foi considerada ainda uma conduta de exaustão para o exterior à qual foi associado um *System Type* respetivo com o nome de *Suplly Air*.

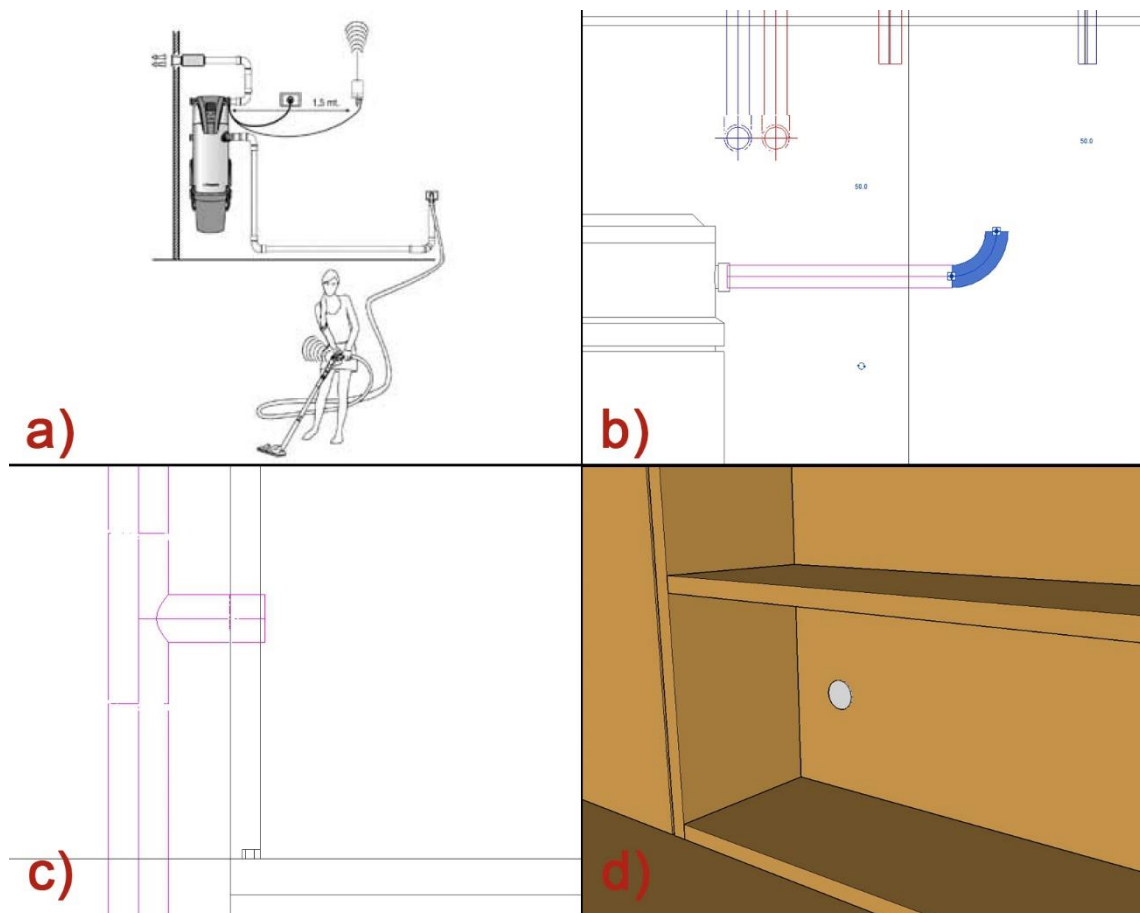


Fig. 4.58 – Processo de implementação do sistema de aspiração central

Na tabela 4.6 encontram-se representados todos os objetos paramétricos que fazem parte do sistema de aspiração central. Os objetos paramétricos representados na tabela 4.6 encontram-se classificados segundo quatro campos e à semelhança das tabelas 4.4 e 4.5, relativas ao abastecimento de águas e rede de águas residuais e pluviais, sendo consideradas as mesmas regras de classificação. O primeiro campo designa o nome de implementação em Revit. O segundo campo refere a classificação do objeto em específico e genérico. O terceiro campo considerado corresponde à fonte segundo o qual determinado objeto foi obtido, sendo o quarto campo é relativo ao LOD considerado para cada objeto durante o processo de implementação.

Tabela 4.6 – Objetos paramétricos utilizados no sistema de aspiração central

	NOME	CLASSIFICAÇÃO	FONTE	LOD
	<i>Central Vacuum Canister</i> (Aspirador)	Genérico	Revit City (biblioteca)	100
	<i>Round Duct</i> (Conduto de aspiração)	Específico	Biblioteca Revit	300
	<i>Round Elbow</i> (Joelho de junta)	Específico	Biblioteca ofcdesk	300
	<i>Round Tee</i> (Tê de junta)	Específico	Biblioteca Revit	300

Na figura 4.59 é possível observar o aspeto final do sistema de aspiração central recorrendo à opção *ray trace* de visualização em Revit. Nesta figura é possível observar a conduta de exaustão à esquerda do aspirador. Esta conduta foi conduzida até uma janela existente e considera-se que esta esteja aberta no momento da aspiração ou então a existência de uma carotagem naquela zona.

Na figura 4.59 observa-se o sistema de aspiração central recorrendo ao modo de visualização *realistic*, separando pelas cores anteriormente referidas as condutas de retorno de ar e de exaustão.



Fig. 4.59 – Vista geral do sistema de aspiração central

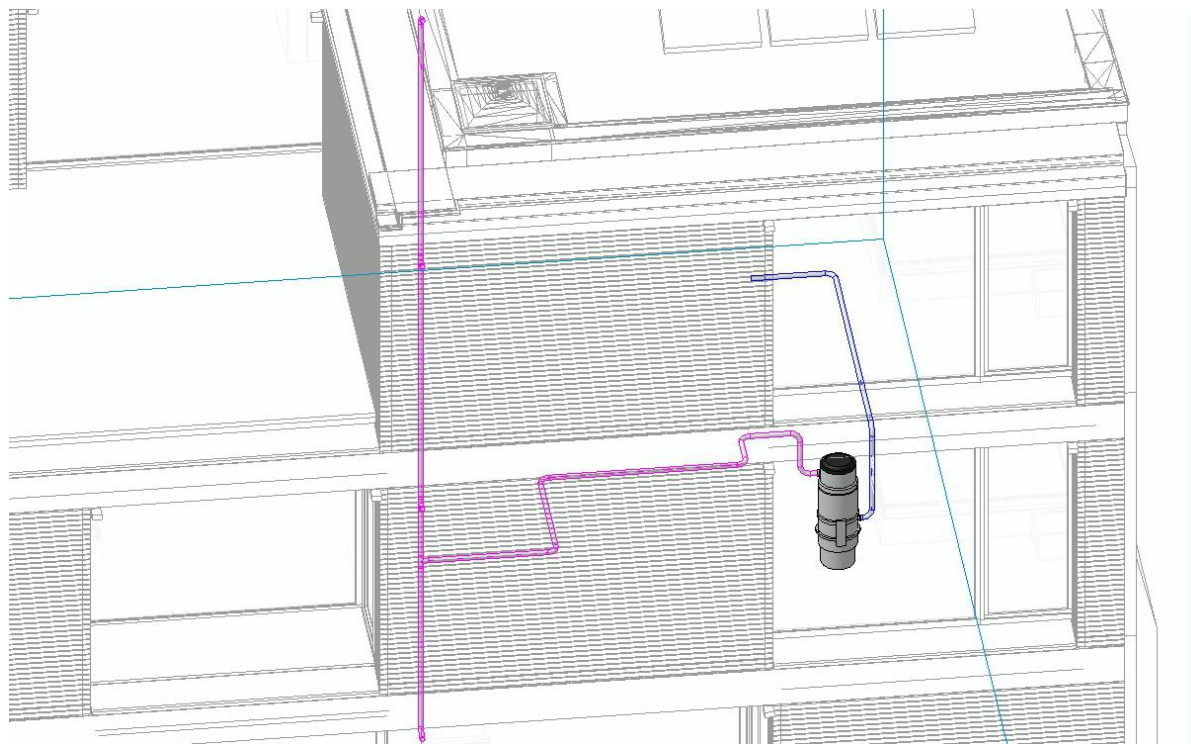


Fig. 4.60 – Vista geral do sistema de aspiração central em modo de visualização *realistic*

#### 4.5.18. FINALIZAÇÃO DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO

Encontrando-se a implementação finalizada poder-se-á usar as várias opções de visualização e navegação em Revit. Das várias opções existentes recorreu-se às opções existentes na janela *Visibility/Graphic*, representada na figura 4.19, de modo a tornar possível a visualização simultânea de todos os objetos utilizados ao longo da implementação. O resultado final da implementação com todas as redes consideradas, encontra-se visível nas figuras 4.61 e 4.62. A figura 4.61 é relativa à opção *ray trace*, sendo a figura 4.62 relativa à opção *realistic*. As figuras 4.61, 4.62 e 4.63 são relativas à mesma posição e ângulo de visualização permitindo uma forma de melhor comparação entre as três opções de visualização expostas. As figuras 4.63, 4.64, 4.65 e 4.66 representam várias vistas de visualização recorrendo a um *render* do *software* Lumion externo ao Revit. Estas figuras contêm todas as redes consideradas e encontram-se representadas em *render*, com uma aproximação o mais realista possível do aspeto final da rede de instalações real, permitindo desta forma explorar as potencialidades gráficas existentes num projeto final de instalações.



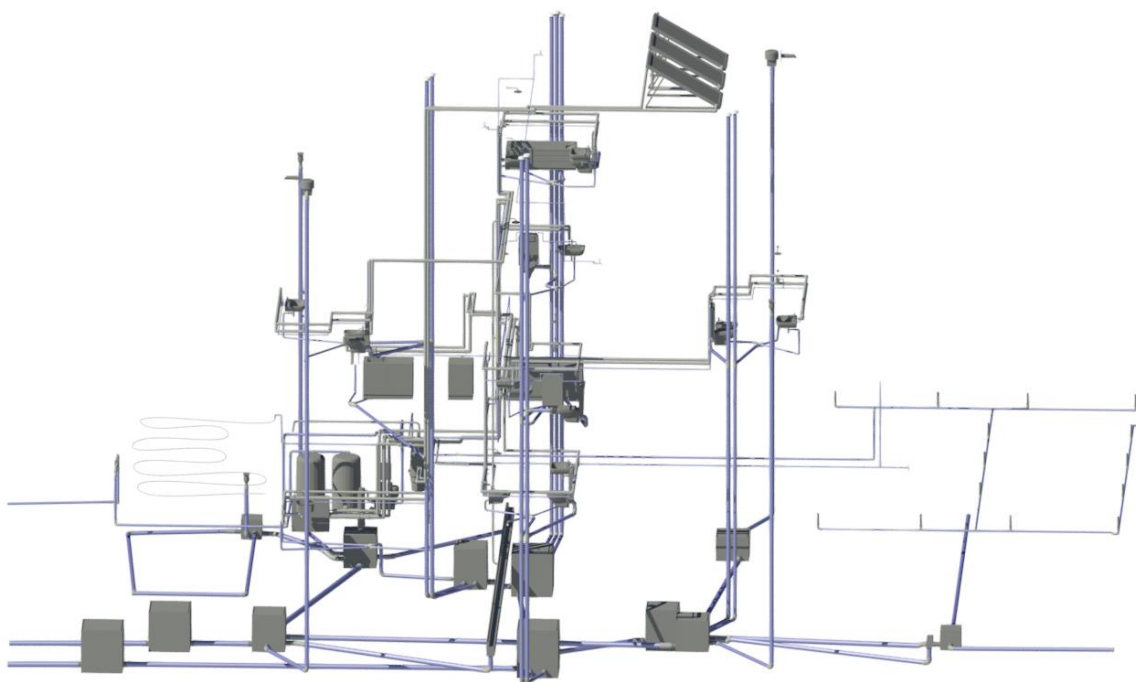


Fig. 4.61 – Vista geral do projeto completo de instalações

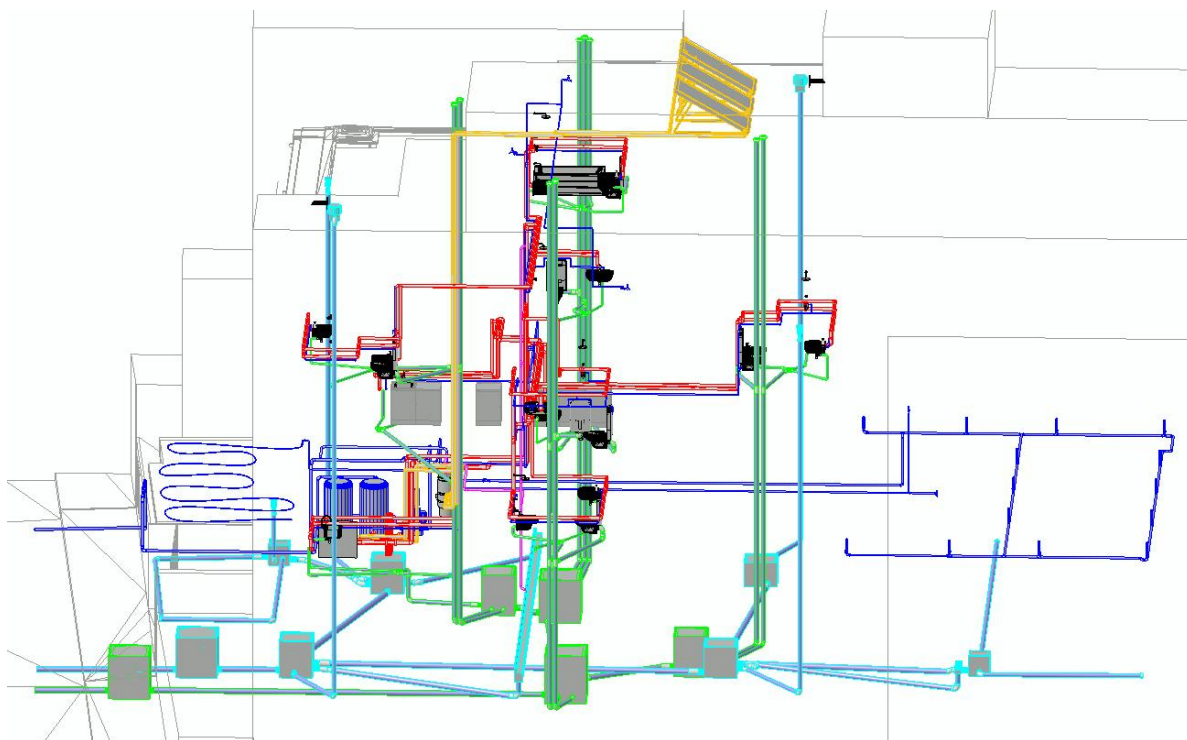


Fig. 4.62 – Vista geral do projeto completo de instalações em modo de visualização *realistic*

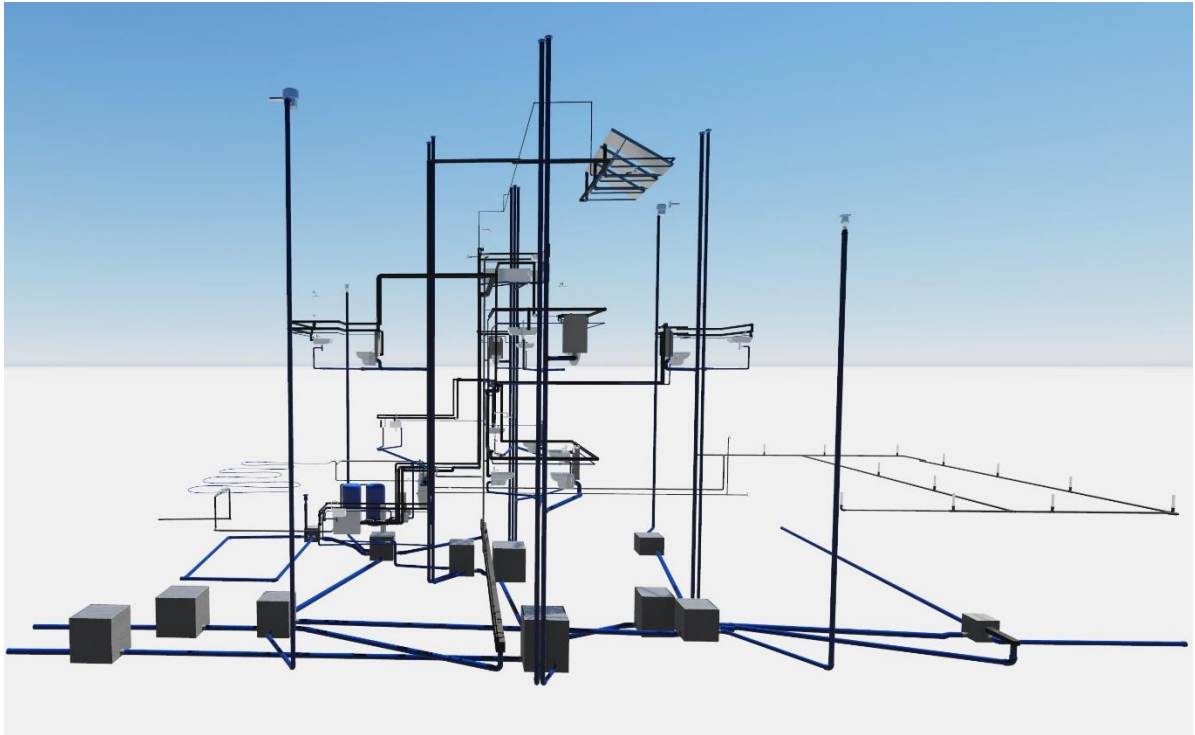


Fig. 4.63 - Vista geral do projeto completo de instalações num *render* externo ao Revit

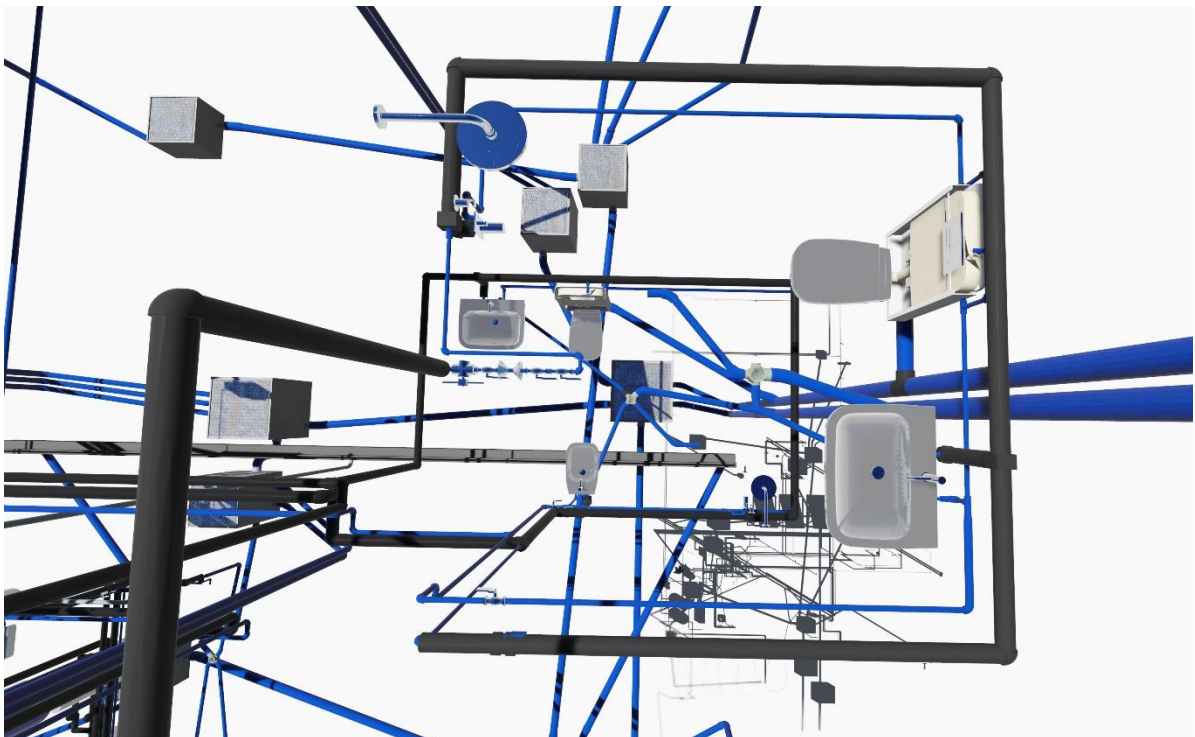


Fig. 4.64 – Vista de cima de uma casa de banho recorrendo a um *render* externo ao Revit

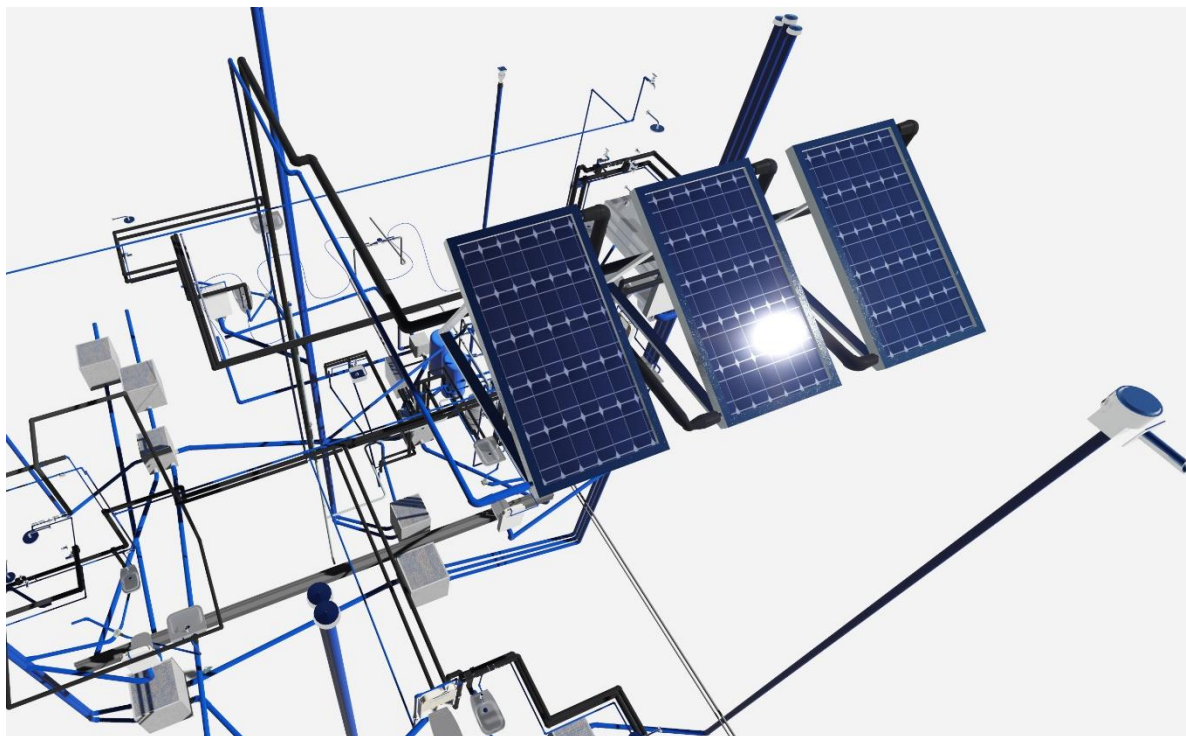


Fig. 4.65 – Vista da instalação dos coletores solares recorrendo a um *render* externo ao Revit

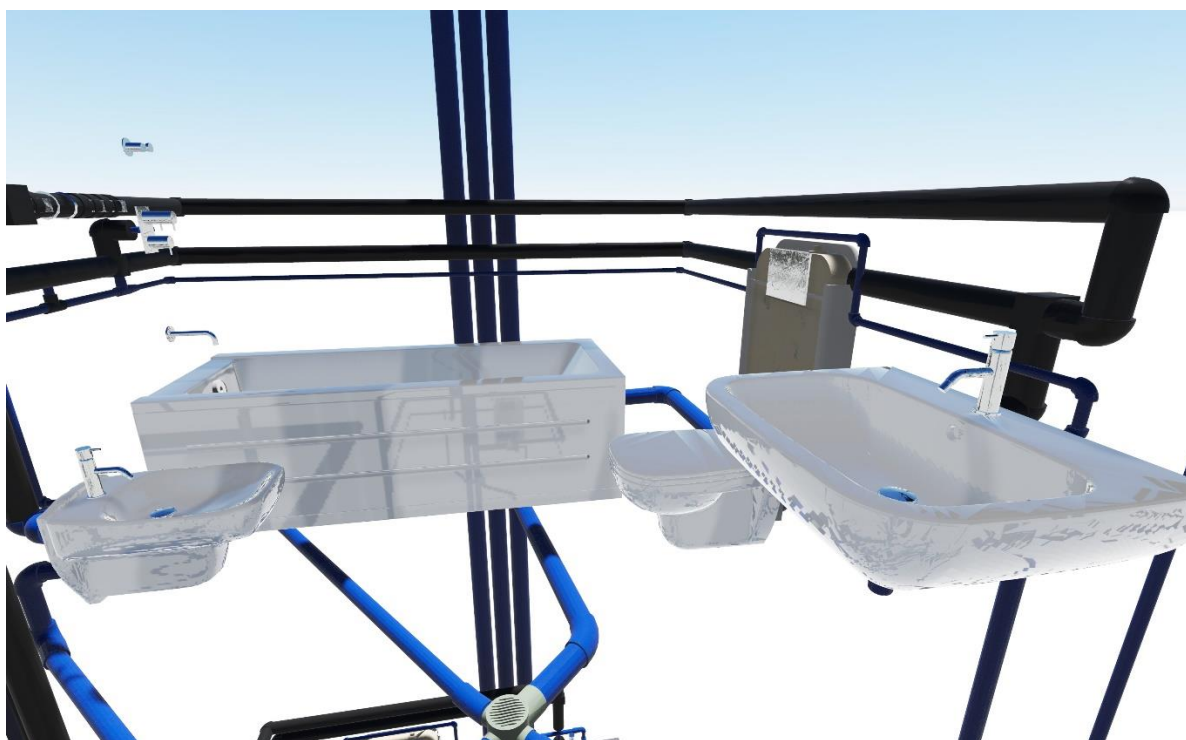


Fig. 4.66 – Vista geral de uma casa de banho recorrendo a um *render* externo ao Revit



## 4.6. INTEROPERABILIDADE FINAL

### 4.6.1. INTRODUÇÃO

No final do processo de implementação pretende-se fazer a revisão do projeto de instalações hidráulicas e aspiração central, bem como um teste à interoperabilidade existente a partir do respetivo projeto BIM implementado com o projeto BIM de arquitetura existente. A interoperabilidade surge nesta fase como uma última consideração final de implementação que possibilita a comunicação entre a especialidade de instalações e de arquitetura.

### 4.6.2. REVISÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES

Após a implementação, cada rede de instalações é constituída por um conjunto de objetos paramétricos interligados entre si constituindo no seu conjunto um sistema. Com a implementação dos diferentes objetos ao longo das diferentes fases, existem alterações de determinados objetos suscetíveis de provocar alterações noutros elementos do projeto. Como exemplo, se o projetista fizer uma pequena alteração da posição de um tubo de queda este pode provocar grandes alterações ao movimentar todos os ramais de ligação ligados a este. Pequenas alterações em determinados elementos podem levar a erros noutros elementos, alterando posições significativas e ainda desconectando elementos da rede. Há ainda que considerar erros cometidos ao longo do projeto e que não são visíveis na altura de implementação de determinado objeto. Como exemplo um projetista ao implementar um elemento pode selecionar duas vezes a área de desenho e fazer um duplicado de determinado objeto. Os objetos duplicados são frequentemente colocados em posições que não são visíveis na respetiva vista em edição. É assim de enorme importância rever todo o projeto de instalações antes de o considerar finalizado. No presente caso de estudo foram realizadas verificações tanto em Revit como em Sketchup uma vez que certos erros tornam-se mais visíveis quando se utiliza a interface do Sketchup.

A figura 4.67 apresenta alguns erros detetados durante a revisão da implementação efetuada. Na figura 4.67 a) é possível observar uma tubagem de abastecimento de água desconetada do sistema bem como outra que se encontra à vista, já na figura 4.67 b) observa-se um ramal de ligação desconetado da respetiva caixa de pavimento. O erro associado à colocação accidental de objetos revelou-se frequentemente presente ao longo de todo o projeto, sendo demonstrado na figura 4.67 c) um exemplo deste, com um conector de águas residuais adicionado por defeito ao projeto. Na figura 4.67 d) observa-se uma caixa de visita com a cota incorreta, encontrando-se assim deslocada da sua posição original. Ambas as figuras 4.67 a) e c) foram retiradas a partir da verificação realizada em Sketchup, sendo as restantes retiradas do Revit. A verificação de projeto efetuada foi estritamente visual, nunca recorrendo a qualquer *software* externo de deteção de incompatibilidades.

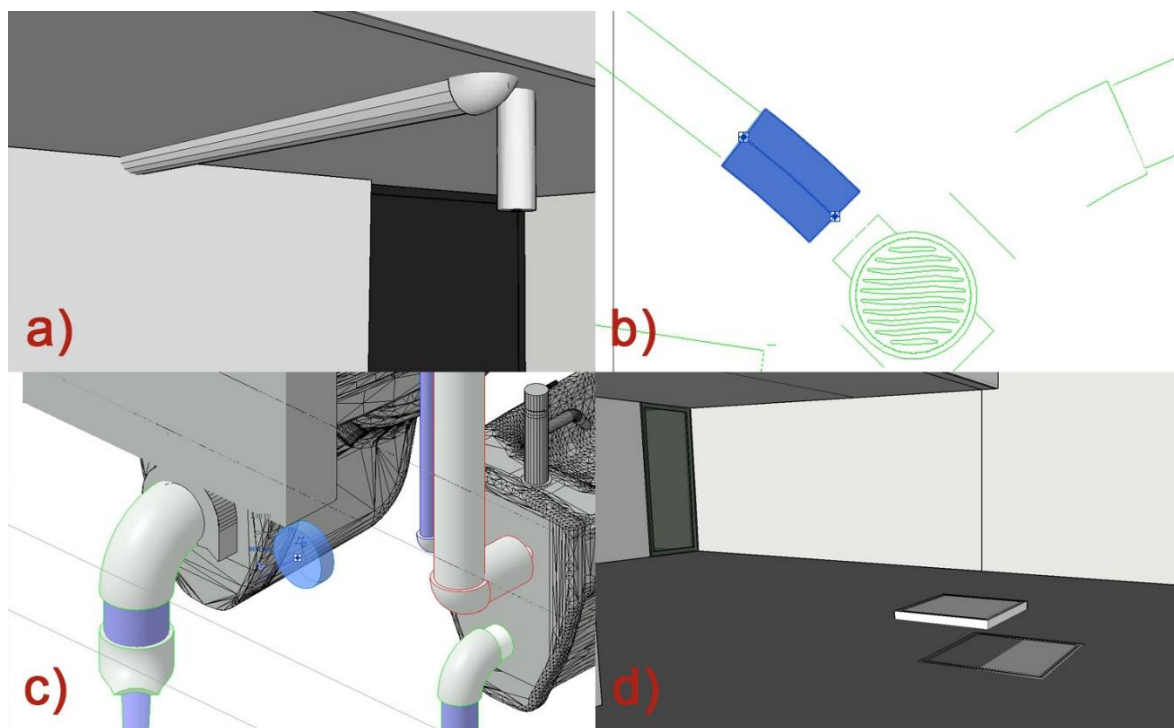
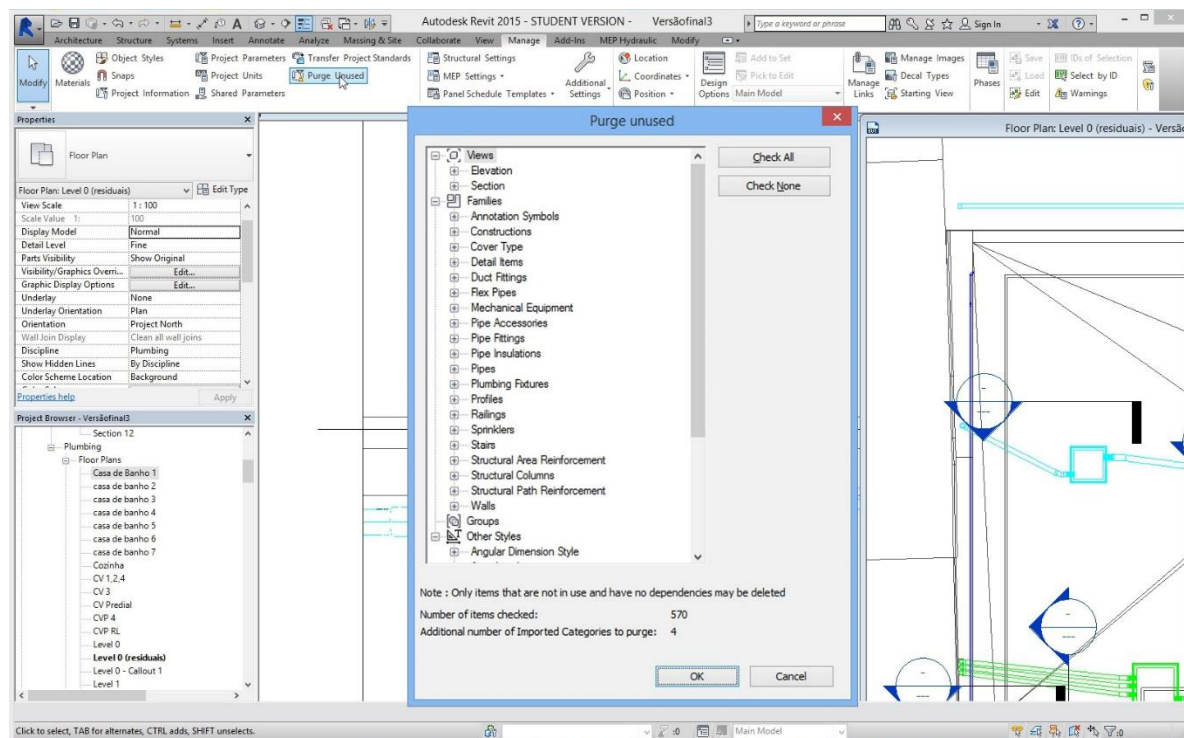


Fig. 4.67 – Erros detetados durante a revisão do projeto de instalações: a) Tubagem à vista e tubagem desconectada; b) Inexistência de ligação de ramal à caixa de pavimento; c) Conector a mais colocado acidentalmente; d) Caixa de visita fora de posição devido a erro de cota;

Após a correção de todos os erros detetados e limpeza de objetos em excesso, foi considerada a limpeza dos objetos não usados presentes no ficheiro de projeto. Ao longo do projeto de qualquer instalação vão sendo adicionados objetos paramétricos que depois não são utilizados. Qualquer projeto tem várias razões para conter um determinado número de objetos não usados. Como exemplo, no presente caso de estudo foram importados objetos de bibliotecas que mais tarde se revelaram inúteis ou porque não correspondiam à função ou geometria pretendida, ou porque eram objetos genéricos que mais tarde foram substituídos por outros objetos específicos ao projeto em análise.

A limpeza destes objetos em excesso presentes no ficheiro do projeto é realizada pelo procedimento representado na figura 4.68. Inicialmente na aba *Manage* do *Ribbon* foi selecionada a opção *Purge Unused*, a qual abre uma janela homónima com as várias categorias tipo dos diferentes objetos. Através do comando *Check All* foi possível a deteção de todos os elementos a mais no projeto. Esta eliminação não apaga quaisquer objetos em uso no projeto, tal como refere o aviso presente na janela *Purge Unused* da figura 4.68.

Fig. 4.68 – Janela *Purge Unused*

#### 4.6.3. EXPORTAÇÃO DO PROJETO PARA IFC

No final de qualquer projeto de especialidade há sempre a necessidade de comunicação da informação contida neste. No caso do uso do BIM um projeto de especialidade, devido à grande multiplicidade de *software* existente tem sempre ligado a si a questão da interoperabilidade como forma de comunicação entre as diferentes especialidades ligadas ao projeto. Qualquer projeto de especialidade tem de ser exportado do *software* de origem de forma a possibilitar a comunicação entre todos os indivíduos ligados ao projeto.

No presente caso de estudo foi considerada a exportação de todo o projeto de instalações recorrendo a um único ficheiro. Esta exportação foi realizada recorrendo ao formato IFC e teve como principal objetivo a interoperabilidade do projeto de instalações considerado. Além da questão da interoperabilidade, o ficheiro IFC tem como objetivo a conservação máxima das suas propriedades de origem. O processo de exportação realizado encontra-se representado na figura 4.69. Para a exportação em formato IFC acedeu-se ao menu aplicação, seleccionando os comandos *Export* e de seguida *IFC*. É aberta uma janela com o nome de *Export IFC* na qual existem algumas opções de exportação. As opções seleccionadas são as indicadas na figura 4.69, tendo-se seleccionado o formato IFC 2x3.

Após a exportação do ficheiro IFC foram realizadas comparações de espaço ocupado em disco entre diferentes ficheiros tal como mostra a tabela 4.7. Na tabela 4.7 foram considerados ficheiros com a eliminação de objetos em excesso pela ferramenta *Purge Unused* e sem esta opção. Conclui-se que o ficheiro IFC quando é exportado, apenas são considerados os elementos em uso no projeto uma vez que tanto o modelo IFC com a opção *Purge Unused* como o modelo sem esta opção, apresentam o mesmo espaço em disco. Pela observação da tabela 4.7 é possível observar que o espaço ocupado por objetos em excesso num ficheiro Revit .rvt pode ser bastante significativo, sendo também significativa a diferença existente entre o espaço ocupado por um ficheiro Revit e um IFC sendo que este corresponde

aproximadamente ao dobro do primeiro. A opção *Purge Unused* utilizada revela-se essencial à diminuição de tamanho do ficheiro Revit, sendo aconselhado o seu uso ao longo da implementação do projeto e não no final como foi utilizada. Com o uso desta opção ao longo de um determinado projeto estima-se o aumento da velocidade de resposta do *software* uma vez que o projeto em análise será consideravelmente mais leve.

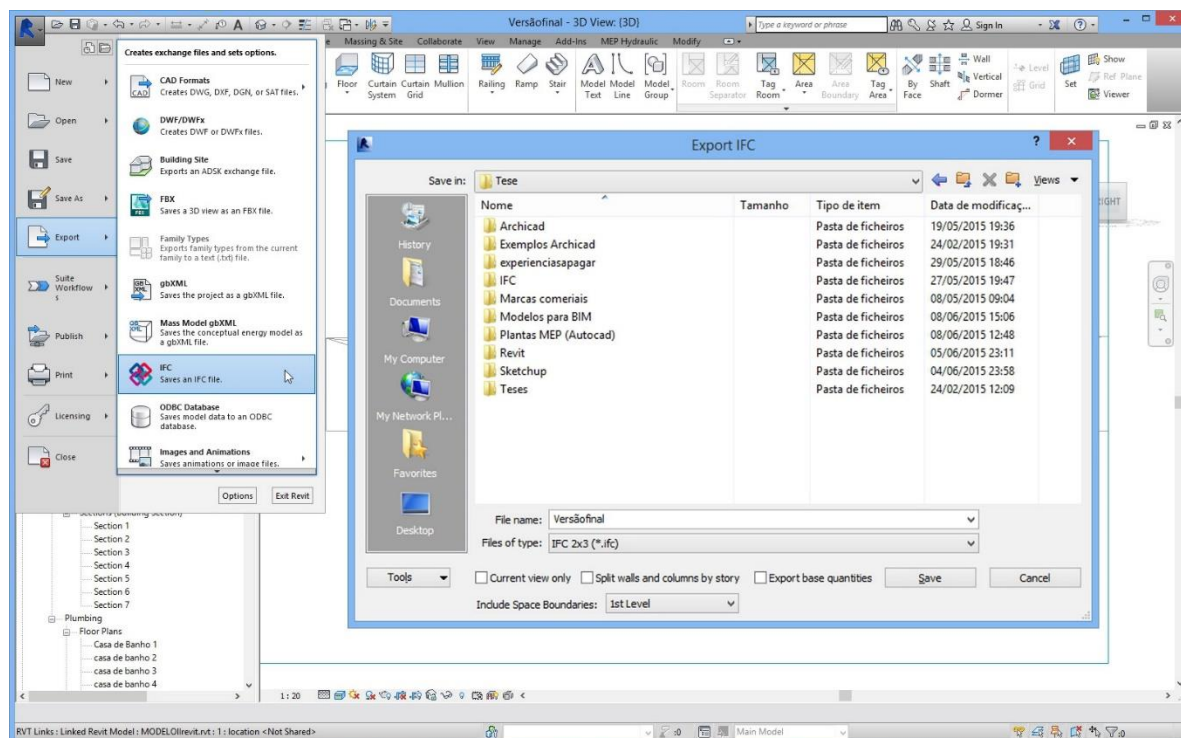


Fig. 4.69 – Exportação do projeto de instalações em formato IFC

Tabela 4.7 – Espaço ocupado pelos diferentes ficheiros salvados ou exportados

<b>Formato e estado do ficheiro</b>	<b>Espaço ocupado pelo ficheiro em MB</b>
<i>Modelo final em Revit .rvt</i>	68,9 MB
<i>Modelo final Revit .rvt com a opção Purge Unused</i>	40,4 MB
<i>Modelo final em IFC 2x3</i>	83,7 MB
<i>Modelo final em IFC 2x3 com a opção Purge Unused</i>	83,7 MB

#### 4.6.4. VERIFICAÇÃO DO FICHEIRO IFC

A verificação do ficheiro IFC do projeto de instalações foi realizada à semelhança da verificação do ficheiro IFC do projeto de arquitetura. Desta forma recorreu-se ao *software* Solibri Model Viewer de modo a verificar a correta exportação dos objetos paramétricos existentes.

A abertura do ficheiro IFC seguiu o mesmo processo anteriormente explicitado para o projeto de arquitetura no capítulo 4.3.3, razão pela não se encontra aqui desenvolvido. O projeto de instalações quando aberto no Solibri tem o aspeto representado na figura 4.70. A figura 4.71 representa a verificação de um autoclismo que se encontra selecionado em 4.71 b) e com as suas informações associadas

representadas nas diferentes áreas de informações observadas em a). Pela observação da figura 4.71 é possível verificar a correta caracterização geométrica do autoclismo selecionado bem como o correto e completo conjunto de informações presentes. Estas informações permitem classificar o objeto quanto à empresa de produção, ao nome, modelo, *link* da página de internet associada bem como às suas relações paramétricas para com o piso 2.

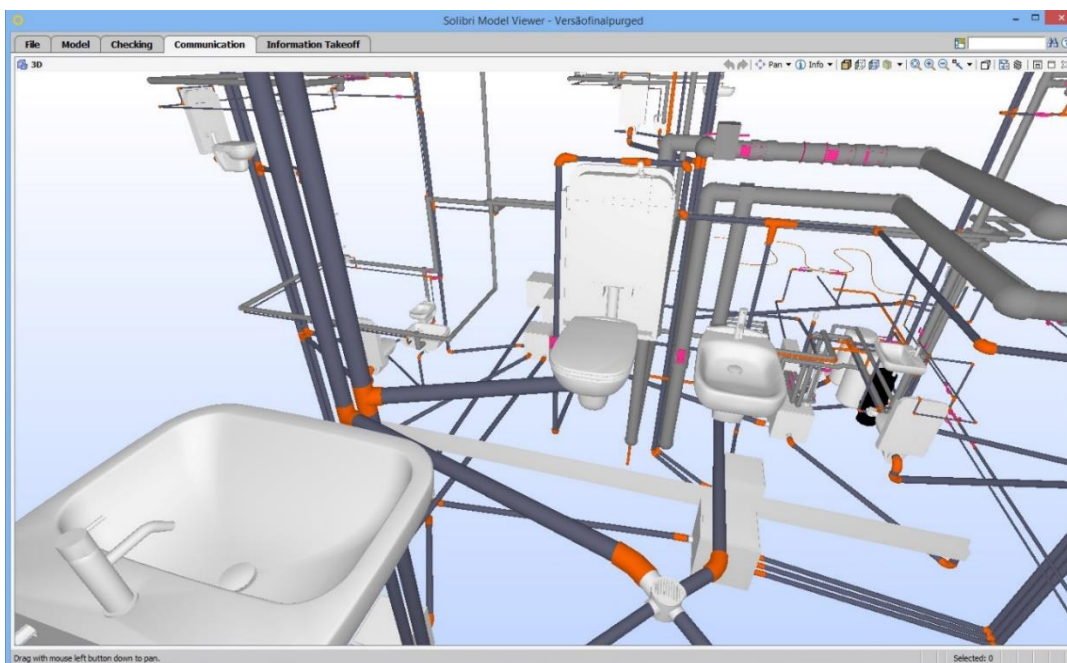


Fig. 4.70 – Aspeto geral do projeto de instalações em ambiente Solibri

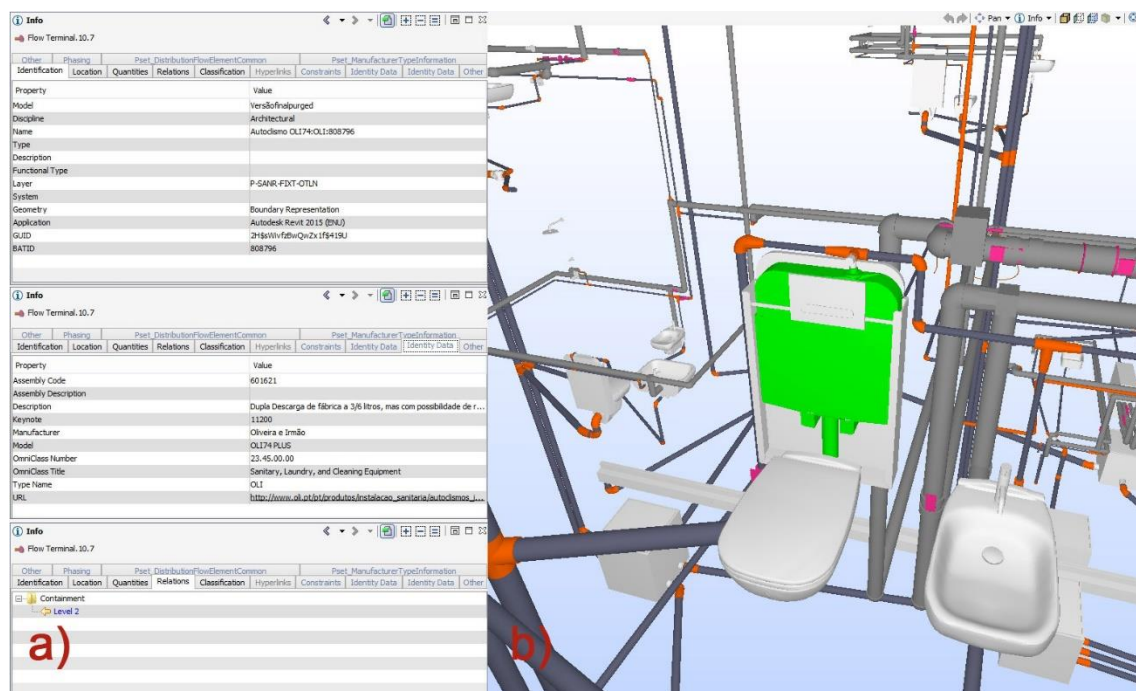


Fig. 4.71 – Verificação de um autoclismo usado no projeto de instalações



A verificação do ficheiro IFC seguiu a lógica apresentada na figura 4.71 para diferentes objetos utilizados ao longo do projeto de instalações. De todos os objetos verificados no Solibri constatou-se a correta associação entre os objetos e as características associadas a estes, considerando-se desta forma que todo o modelo IFC foi corretamente exportado em Revit.

#### 4.6.5. IMPORTAÇÃO DO MODELO IFC PARA ARCHICAD

Após a verificação do ficheiro IFC pretende-se a sua correta importação para o *software* ArchiCAD. A importação revela-se importante uma vez que permite simular a interoperabilidade de ficheiros que existe entre as diferentes especialidades associadas a um caso real de projeto.

Com a correta importação do ficheiro IFC para ArchiCAD a equipa de arquitetura passará a ter acesso ao projeto de instalações, beneficiando desta informação para quaisquer possíveis alterações de projeto bem como para uma melhor compreensão do mesmo.

A importação para ambiente ArchiCAD foi possível através de quatro formas distintas que se encontram seguidamente explicitadas.

Na primeira forma de importação utilizada com o ficheiro de arquitetura previamente aberto importou-se o projeto de instalações em formato IFC recorrendo aos comandos *File*, *File Special* e *Merge* existentes na barra de menus ArchiCAD. A partir destes comandos surge um conjunto de janelas com várias opções que permitem ao utilizador a importação do ficheiro IFC de modo a que fique sobreposto com o projeto de arquitetura. Exemplos finais de duas importações realizadas através de diferentes opções nas janelas de importação, encontram-se representadas na figura 4.72 a) e b). Na figura 4.72 a) é possível observar erros de importação do projeto de instalações como a falta de vários objetos paramétricos, bem como o mau posicionamento relativamente à cota dos respetivos objetos. A figura 4.72 b) corresponde a outra tentativa de importação em que se verifica um maior número de objetos importados, estando no entanto alguns mal posicionados relativamente à sua cota de piso. Na mesma figura é possível observar o correto posicionamento relativo às instalações dos coletores solares enquanto que as instalações relativas a uma casa de banho se encontram com as suas cotas erradas.

A segunda forma de importação considerada foi a de salvar o ficheiro relativo ao projeto de arquitetura sobre o ficheiro IFC relativo ao projeto de instalações. Esta estratégia é conseguida recorrendo aos comandos *File*, *File Special*, *IFC 2x3* e *Merge to IFC Model* existentes na barra de menus do ArchiCAD. Após a execução deste procedimento foi aberto o ficheiro IFC criado que se revelou totalmente insatisfatório no seu resultado, tendo todo um conjunto de objetos apagados como se pode observar pela figura 4.72 c).

A terceira forma de importação IFC, é realizada com o projeto de instalações separado do projeto de arquitetura. Para a importação IFC foram utilizados os comandos *File*, *Open* e *Open* da barra de menus ArchiCAD. O modelo IFC importado encontra-se representado na figura 4.73. Na respetiva importação verificou-se que algumas categorias-tipo de objetos não foram associadas às categorias-tipo homónimas do ArchiCAD MEP, sendo deste modo considerados como genéricos. Verifica-se também pela observação da figura 4.73 que algumas tubagens e juntas encontram-se representadas com cores diferentes sem qualquer razão óbvia. Apesar dos pontos negativos existentes na importação, todo o projeto de instalações encontra-se geometricamente bem definido e com todos os objetos considerados. Considera-se deste modo o sucesso de importação IFC realizada em ArchiCAD estando no entanto tanto os projetos de arquitetura como de instalações em ficheiros separados.

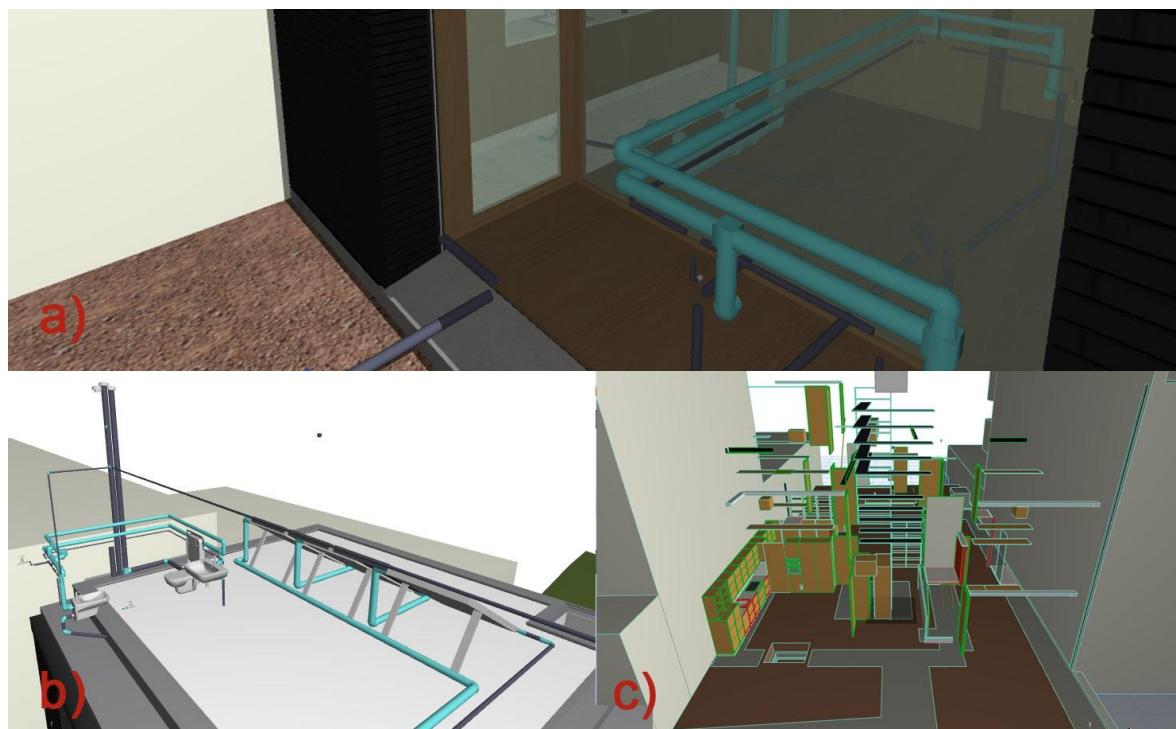


Fig. 4.72 – Tentativas de importação para junção do projeto de instalações com o de arquitetura

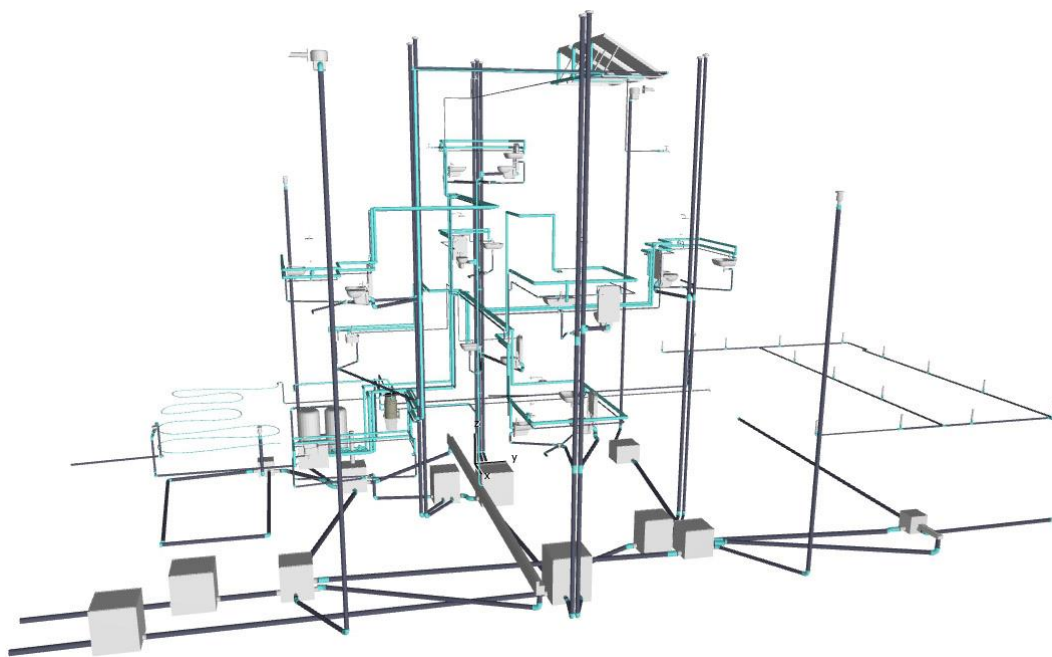


Fig. 4.73 – Projeto de instalações hidráulicas e aspiração central em formato IFC importado para ArchiCAD

A quarta forma de importação considerada foi concretizada recorrendo-se ao Sketchup como ferramenta de interface entre o Revit e o ArchiCAD. O procedimento considerado consiste em importar ambos os projetos, arquitetura e instalações hidráulicas e aspiração central, previamente gravados em



formato IFC para o mesmo ficheiro Sketchup. Esta importação de ambos os projetos foi aquela que foi sendo realizada ao longo de toda a implementação para verificação de erros existentes na implementação do projeto de instalações e utiliza o mesmo procedimento descrito em 4.4.3. Durante a importação do ficheiro IFC relativo ao projeto de instalações o Sketchup ordena corretamente todos os elementos de ambos os projetos nas suas posições reais. Após ambos os projetos estarem corretamente abertos e sobrepostos foi realizada a exportação destes em formato IFC recorrendo à barra de menus do Sketchup e utilizando os comandos *File, Export* e *3D Model*, os quais abrem uma janela de exportação onde é selecionado o formato e o nome. Após a exportação IFC de ambos os projetos unificados num só ficheiro, o Sketchup apresentou o relatório de exportação representado na figura 4.74 que inclui as diferentes categorias-tipo IFC e as quantidades de objetos associados a estas. Após a exportação Sketchup e recorrendo ao ArchiCAD foi importado o ficheiro unificado que contem ambos os projetos. A importação deste para ArchiCAD foi realizada recorrendo à barra de menus e utilizando os comandos *File, Open* e *Open*, os quais abem uma janela de importação onde é selecionado o ficheiro a importar. Após a importação verifica-se a correta associação entre as posições relativas aos dois projetos considerados, tal como se pode observar pela figura 4.75. Na figura 4.75 é possível observar as instalações relativas ao nicho de contador, à divisão técnica, aos painéis solares bem como a dois tubos de queda corretamente posicionados. No entanto verifica-se a perda de informações relativas ao projeto de arquitetura. Este apresenta as arestas dos diferentes polígonos representadas a verde com a particularidade de exibir algumas alterações na cor dos diferentes elementos do projeto de arquitetura. Através de uma análise aos diferentes objetos importados verifica-se uma notável perda de informação. Deste modo, é possível constatar que este procedimento não revela ser a forma mais sensata de se efetuar uma importação. No entanto considera-se a obtenção do sucesso uma vez que o procedimento descrito, mostrou ser o único a possibilitar a união dos dois projetos de uma forma aceitável e considerada correta.

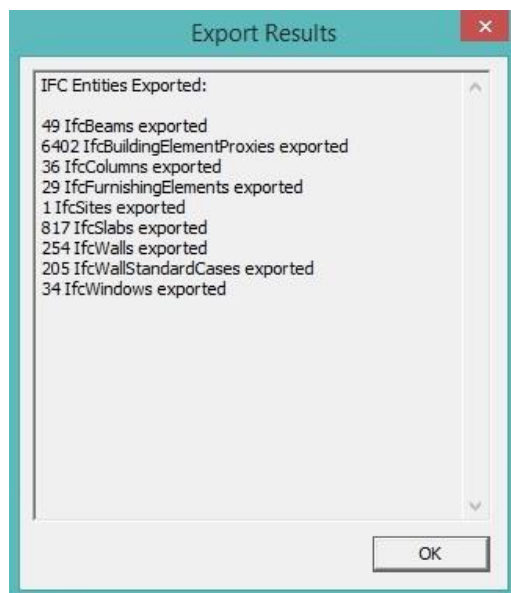


Fig. 4.74 – Relatório de exportação Sketchup

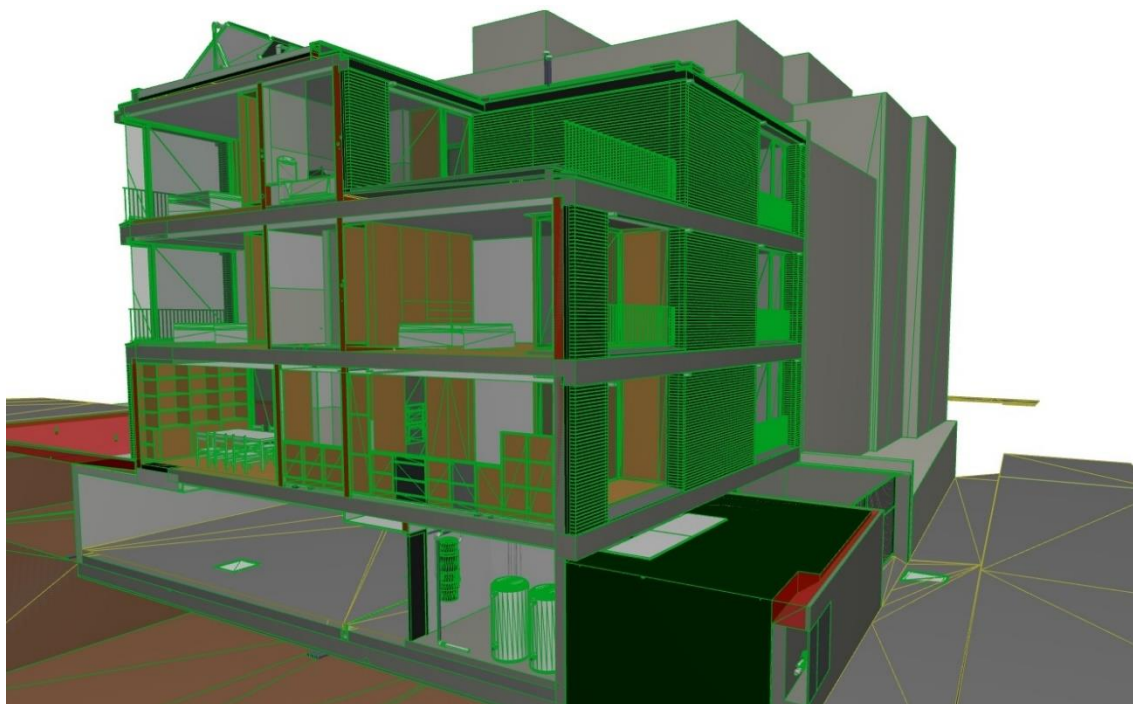


Fig. 4.75 – Projeto de arquitetura e instalações importados para ArchiCAD segundo um único ficheiro



# 5

## Análise do Projeto MEP

### 5.1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem por objetivo fazer uma análise à implementação das diferentes instalações bem como o balanço da sua aplicabilidade. Deste modo são apresentadas de forma resumida as dificuldades mais importantes que se manifestaram ao longo da implementação do projeto de instalações. De modo a tentar expor as vantagens tiradas com a aplicação da metodologia BIM são também explorados erros e incompatibilidades detetadas nas instalações consideradas em projeto.

### 5.2. DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES DO EDIFÍCIO

Diferentes dificuldades foram encontradas ao longo da implementação do projeto de instalações, tendo estas sido resolvidas recorrendo a várias estratégias de implementação. As principais dificuldades encontradas encontram-se a seguir explicitadas sendo posteriormente descritas:

- Dificuldades na aprendizagem das ferramentas utilizadas;
- Dificuldades na correta visualização do projeto de arquitetura;
- Deficiente visualização do projeto de arquitetura em ambiente Revit;
- Incorreta e demorada instalação das bibliotecas Revit de objetos paramétricos;
- Falta de objetos paramétricos nas diferentes bibliotecas *online* de objetos considerados;
- Dificuldades na modelação de diferentes elementos necessários ao projeto de instalações;
- Criação de relações paramétricas entre os diferentes elementos de projeto;
- Dificuldades de implementação das diferentes relações paramétricas entre objetos;
- Dificuldades em espaço para colocação das diferentes instalações;
- Dificuldades na importação do projeto de instalações em IFC para ArchiCAD;
- Lentidão associada às diferentes ferramentas nas diferentes fases de implementação;

A aprendizagem de cada ferramenta constitui um passo fundamental à sua boa utilização, sendo esta bastante complexa e demorada em grande parte das ferramentas consideradas. As ferramentas que se revelaram de mais fácil leitura e aplicabilidade foram o Sketchup e o Solibri Model Checker também porque são constituídos por um menor número de comandos e opções comparativamente a uma ferramenta BIM. Tanto as ferramentas ArchiCAD como Revit apresentam uma complexidade elevada

devido ao elevado número de comandos que as constituem, apresentando procedimentos e lógicas de trabalho múltiplas e bastante distintas.

As dificuldades de visualização do projeto de arquitetura fornecido pela equipa de arquitetos constituiu um entrave inicial ao desenvolvimento deste trabalho. Foi necessária a cópia de ficheiros em falta no diretório da versão internacional do ArchiCAD, a partir da versão portuguesa utilizada pela equipa de arquitetura. Este procedimento que à partida parece de fácil aplicabilidade demonstrou-se ser bastante moroso uma vez que foi necessário um conjunto de tentativas, reuniões com a equipa de arquitetura bem como exploração do *software* em causa de forma a ser possível encontrar os ficheiros em falta.

A deficiente visualização do projeto de arquitetura em ambiente Revit constituiu um entrave à correta aplicação do projeto de instalações. Esta foi a dificuldade que durante a fase de implementação acompanhou todas as infraestruturas hidráulicas e todos os procedimentos realizados em Revit. Esta falta de visualização de elementos do projeto de arquitetura era consecutivamente corrigida com a observação atenta de várias vistas referentes ao mesmo local de dúvida. Contudo a exploração de várias vistas referentes ao mesmo local foi significativamente demorado uma vez que era necessário a abertura destas vistas ou ainda a criação de outras sempre que se recorria a cortes. Quando a localização se demonstrava ser complexa devido à existência de instalações ou ainda a pormenores de arquitetura que tinham pouca visibilidade foi utilizado o *software* Sketchup de forma a contornar as dificuldades de leitura.

A incorreta e demorada instalação das bibliotecas internas do Revit constituiu outra dificuldade uma vez que as bibliotecas instaladas não foram todas simultaneamente instaladas durante a primeira instalação. À medida que a implementação se ia desenvolvendo foram necessários objetos paramétricos, e sempre que estes se revelavam necessários, foram sendo exploradas outras bibliotecas com a expectativa de se encontrarem lá presentes. A instalação de bibliotecas em Revit pelo processo já descrito é um processo bastante demorado podendo chegar mesmo a uma ou mais horas em que o computador se encontra com o Revit em atualização sem que a instalação esteja completa. Após cada instalação houve ainda bibliotecas que não foram instaladas como o caso da *US metric* ou que ainda foram instaladas mas sem qualquer objeto contido como é o caso da biblioteca portuguesa.

A falta de objetos paramétricos nas bibliotecas *online* foi outro problema encontrado que foi resolvido com a exploração de várias bibliotecas online. O principal problema relativo às bibliotecas *online* está na falta de objetos pertencentes às várias marcas comerciais. Se fosse de prática comum que as bibliotecas de objetos paramétricos fossem constituídas, na sua maior parte, por objetos fornecidos pelas diferentes marcas comerciais, todo o trabalho de implementação de qualquer projeto estaria muito mais simplificado. Além de uma maior segurança no comportamento e característica dos objetos paramétricos, qualquer objeto necessário seria adicionado sem serem necessárias quaisquer alterações, possibilitando assim tempos muito mais reduzidos de projeto que se manifestariam na economia deste.

As dificuldades de modelação foi outro dos problemas a ultrapassar durante o presente caso de estudo; estas tiveram relacionadas com os conhecimentos necessários para modelação em 3D aliadas à grande multiplicidade de objetos existentes. Durante a modelação tentou-se ao máximo simplificar os objetos de forma a possibilitar uma minimização do espaço associado ao ficheiro Revit. A grande quantidade de pormenores dos objetos 3D pode levar a um aumento considerável do espaço em disco do ficheiro Revit, causando a lentidão do *software* e um maior consumo dos recursos do computador. Deste modo alguns objetos modelados foram ainda posteriormente modificados e simplificados de forma a diminuir substancialmente o seu espaço em disco associado. O objeto em que foi necessário um maior número de iterações de simplificação foi o bidé Duravit uma vez que apresentava uma grande

complexidade geométrica. Mostra-se na figura 5.1 um conjunto de objetos modelados pelo autor em Sketchup para posteriormente serem utilizados na implementação do projeto de instalações em Revit.

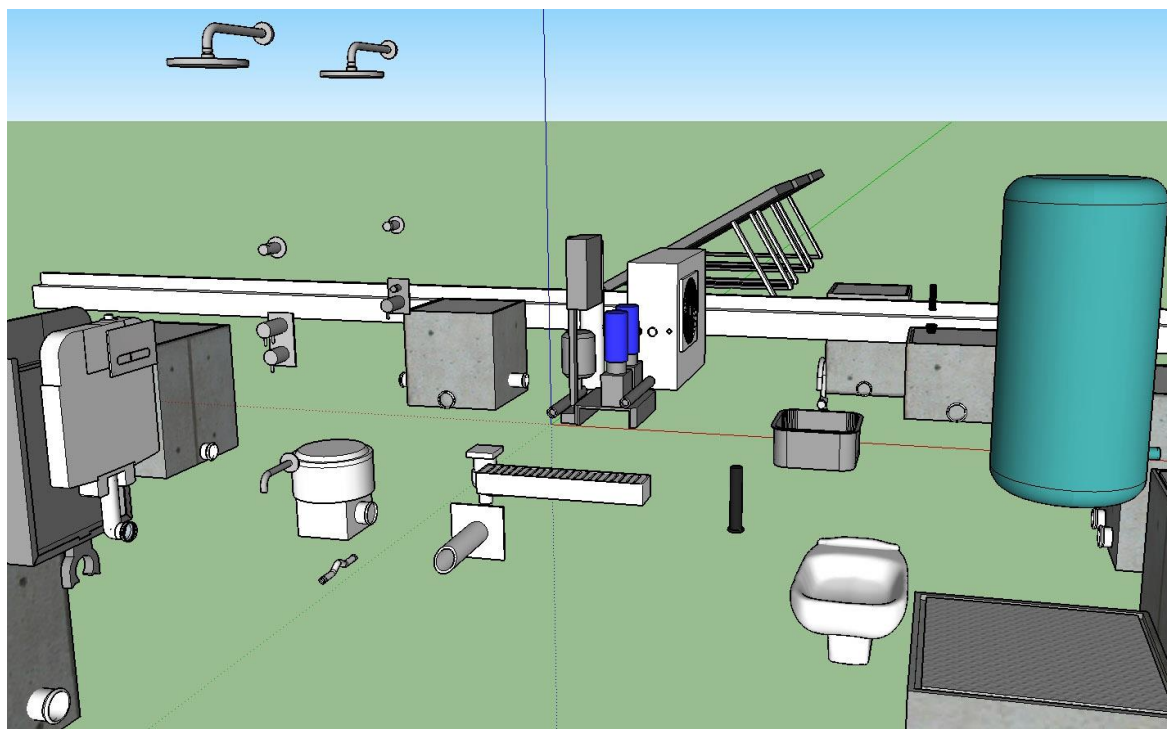


Fig. 5.1 – Objetos modelados em ambiente Sketchup

Outra dificuldade importante foi a criação de relações paramétricas entre objetos. A relação mais óbvia num projeto deste tipo é a conexão entre os diferentes objetos existentes em cada tipo de instalação considerada. As dificuldades de conexão entre os equipamentos sanitários e as respectivas tubagens foram facilmente ultrapassadas com o uso de objetos conectores, encontrando-se deste modo estes equipamentos desligados do sistema, com o objeto conector associado a simular a ligação destes. Esta lógica foi aplicada aos diferentes equipamentos sanitários de modo a tornar mais real uma situação de projeto existente, uma vez que o projeto de arquitetura tinha já definidos os diferentes equipamentos, bem como a sua posição exata, cabendo ao projetista de instalações o respeito e a não alteração de qualquer equipamento. Relativamente a objetos como juntas, equipamentos de bombagem, reservatórios, caixas de visita foram consideradas relações de conexões, que tiveram de ser criadas em cada ponto de ligação de cada objeto associado. A criação destas conexões foi realizada em ambiente de criação *families* como já explicitado. Embora a criação de conexões pareça uma tarefa repetitiva recorrendo sempre ao comando *Pipe Conector*, esta tarefa varia relativamente à forma em que os vários objetos foram previamente modelados. Na figura 5.2 a) está representado o aspeto geral de um coletor solar após ser importado para Revit. Utilizando o comando *Pipe Conector* é impossível criar uma conexão uma vez que o coletor solar encontra-se associado a um só modelo, não estando os seus componentes divididos em submodelos. A figura 5.2 b) representa a seleção do local de inserção da conexão para tubagem. Tal apenas é possível pela prévia separação do coletor solar nos seus diversos componentes a partir do comando *Explode*. Na figura 5.2 c) observa-se a seleção da face onde irá ser colocada a conexão. Tal face apenas é selecionável após o modelo se encontrar previamente dividido em subcomponentes. A figura 5.2 d) representa a conexão criada a partir do comando *Pipe Conector* a ser editada na respetiva face previamente selecionada. Este procedimento de dividir previamente o

modelo em subcomponentes dependerá sempre de objeto para objeto, não sendo necessário ser efetuado em todos os objetos modelados. Este processo foi obtido após várias tentativas e a sua exploração constituiu uma dificuldade a ser ultrapassada ao longo da implementação das várias instalações.

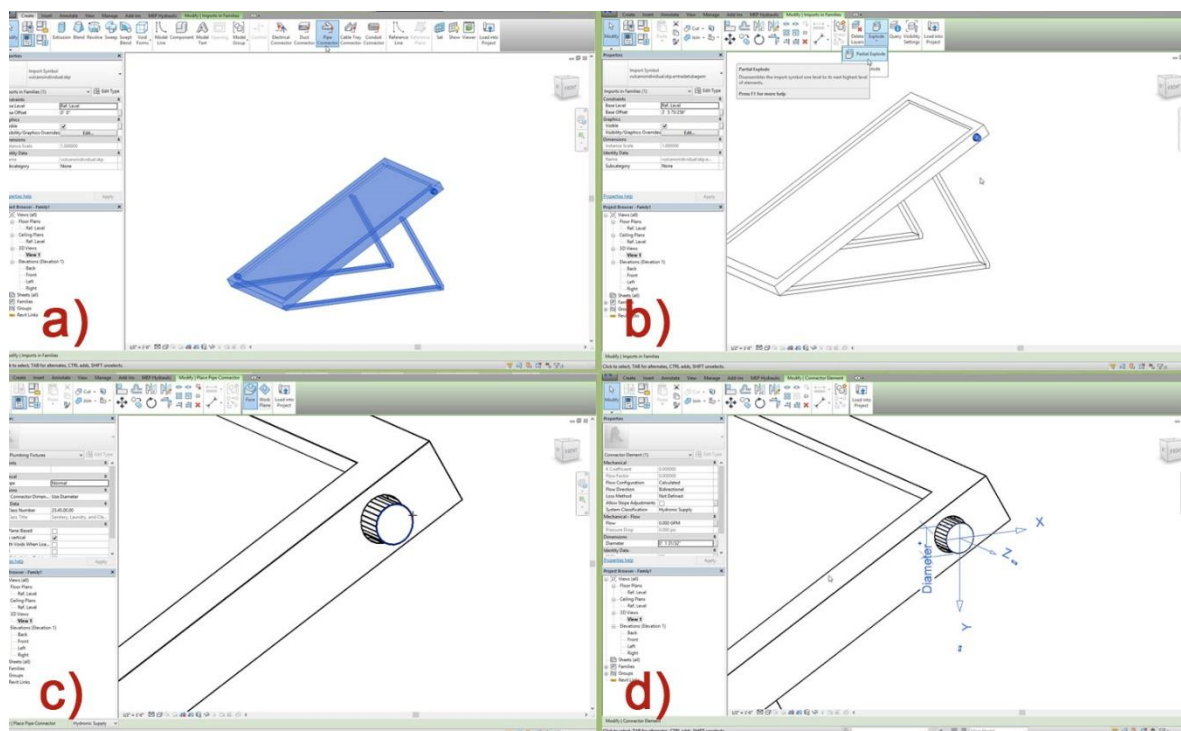


Fig. 5.2 – Processo de subdivisão do modelo em diferentes componentes para criação de uma conexão

Após as diferentes conexões estarem criadas uma dificuldade encontrada foi a de implementar corretamente estas conexões. A figura 4.46 a) e b) ilustra a tentativa de criação de um conexão entre um ramal de ligação e uma caixa de visita sem qualquer resultado satisfatório aparente. As situações do tipo representado na figura 4.46 foram inúmeras ao longo de toda a implementação da rede de águas residuais. O processo de resolução após o erro de uma determinada ligação foi a insistência contínua bem como pequenas alterações de posições que foram sendo consideradas para cada objeto relativo à ligação em análise.

A dificuldade de obtenção de espaço para implementação de um conjunto de instalações num projeto deste tipo é óbvia uma vez que existem muitas exigências a serem cumpridas em projeto. A exigência de 25 mm para isolamento de todas as tubagens de água quente, aliada à existência da rede de retorno de água quente bem como das exigências arquitetónicas levam a uma dificuldade que passa pela organização e estudo da melhor opção de projeto nos casos em que as tubagens não cabiam nas paredes ou nos tetos falsos projetados. Esta dificuldade encontrada coloca em contraste a metodologia tradicional CAD de projeto com a metodologia BIM, uma vez que na primeira quaisquer interseções de tubagens encontram-se representadas de uma forma puramente esquemática.

Outra dificuldade encontrada surgiu na importação do modelo IFC do projeto de instalações para ArchiCAD de modo a fazer a junção com o projeto de arquitetura. Esta dificuldade não foi ultrapassada visto que nas várias tentativas de junção de ambos os projetos foram encontrados erros graves em relação a objetos e posicionamento destes. Uma vez que os grupos de objetos com erros de cotas encontravam-se deslocados uma solução era ajustar cada grupo à sua cota original. Tal ajuste não foi considerado pois em situação real de projeto após a equipa de arquitetura receber o projeto de instalações, pretende-se que este esteja totalmente correto sem que sejam necessárias quaisquer alterações.



Uma dificuldade a ser ultrapassada foi a lentidão de alguns processos associados à implementação do projeto. As fases em que se verificaram maiores tempos de espera com o *software* inativo foram as exportações e importações de ficheiros IFC, bem como a atualização das bibliotecas Revit. Embora situações de espera associadas ao *software* Revit fossem verificadas em algumas fases da implementação, situações de bloqueios totais e encerramento inesperado do software apenas ocorreu uma vez.

### **5.3. ERROS E INCOMPATIBILIDADES ENCONTRADAS NO PROJETO DE INSTALAÇÕES**

#### **5.3.1. INTRODUÇÃO**

Ao longo do projeto foram detetados erros e incompatibilidades que se não forem corrigidos e objetivamente pensados manifestar-se-ão em fase de construção. Nesta fase podem ocorrer atrasos e serem tomadas decisões que não foram cuidadosamente pensadas, colocando em risco a qualidade final da obra bem como acrescentar custos adicionais.

Salienta-se que todos os erros e incompatibilidades detetados ao longo da presente implementação BIM foram anteriormente detetados pela equipa projetista, encontrando-se aqui referenciados apenas como demonstração da sua deteção quando se faz uso de uma metodologia BIM.

Os erros detetados ao longo da implementação estão presentes no projeto de instalações hidráulicas fornecido. Como a implementação do projeto em BIM recorre a uma simulação virtual mais realista de um edifício a ser construído, os erros tornam-se mais evidentes do que através de uma abordagem tradicional CAD. As incompatibilidades consideradas constituem troços de rede corretamente projetados, mas que pelo sistema construtivo escolhido bem como pelas características arquitetónicas tornam-se impossíveis de executar em obra.

#### **5.3.2. REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

No projeto de abastecimento de água verificou-se a falta de representação da rede de retorno de água quente. O traçado da rede de retorno do projeto de instalações hidráulicas previamente fornecido surgiu várias vezes omissa, razão pela qual foi considerada a sua ponderação de traçado ao longo da implementação da rede de abastecimento de águas. Toda a rede de retorno de água quente foi implementada considerando os caminhos mais curtos, tendo em vista a otimização de percursos. Pela aplicação dos caminhos mais curtos de traçado existe a possibilidade de poupança económica bem como de menores perdas caloríficas ao longo da rede. Na figura 5.3 mostra-se duas situações típicas e distintas da rede de retorno implementada. Na figura 5.3 a) observa-se a tubagem de retorno a jusante do lavatório que segue o menor percurso possível ao percorrer um traçado diferente ao de abastecimento de água quente. Na figura 5.3 b) é possível observar, para outra casa de banho, em que a tubagem de retorno tem de percorrer o mesmo traçado das tubagens de abastecimento uma vez que existe uma janela que não permite um traçado de forma similar ao da figura 5.3 a). Os casos em que se optou pela situação demonstrada na figura 5.3 b) foram apenas situações em que existiam impossibilidades arquitetónicas que tiveram de ser consideradas.

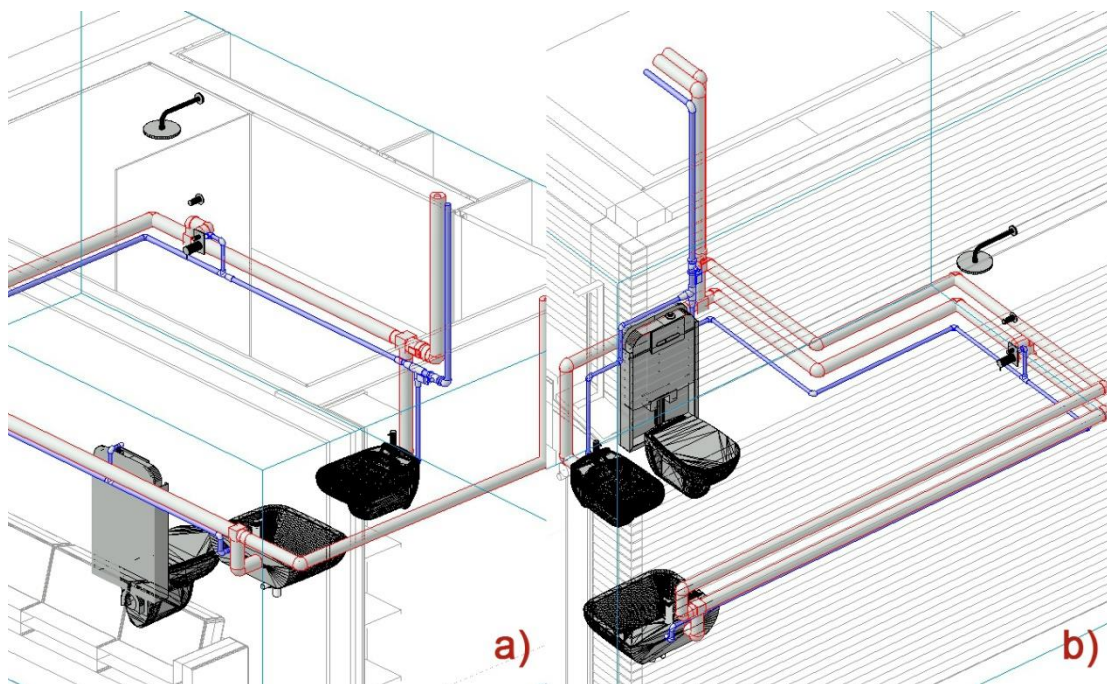


Fig. 5.3 – Rede de retorno de água quente: a) Situação em que se recorre ao menor percurso possível; b) Situação em que a rede de retorno segue as tubagens de abastecimento devido a incompatibilidades arquitetónicas existentes;

Ao longo da rede de abastecimento foi utilizada a peça de cruzamento, representada na figura 4.39, entre as várias situações de cruzamento entre tubagens. Sem esta peça, devido à falta de espaço nos tetos falsos e até nas paredes seria impossível a interseção das várias redes e troços de redes sem por em causa a arquitetura. Desta forma foram evitadas as incompatibilidades que seriam detetadas com a falta deste elemento fundamental ao projeto.

### 5.3.3. REDE DE ÁGUAS RESIDUAIS E PLUVIAIS

Na implementação da rede de águas residuais não foram detetados quaisquer erros relativos ao projeto de águas residuais e pluviais fornecido. Contudo com a sua implementação foram detetadas algumas condicionantes entre o projeto de arquitetura e o projeto de águas residuais e pluviais que precisam ser considerados. As condicionantes encontradas centram-se nas instalações de águas residuais e são caracterizadas pela falta de consideração de relacionamento entre projetos.

A primeira condicionante detetada pode ser observada na figura 5.4 e ocorre em uma das casas de banho do piso 2. A existência de uma parede pouco espessa aliada à junta de tubagem selecionada de 90 mm parece não possibilitar a sua inserção no espaço destinado a esta. A parede considerada apresenta uma espessura de 110 mm, sendo esta insuficiente quando comparada com a curvatura de uma tubagem de 90 mm. Parecia inicialmente para uma tubagem de 90 mm ser plausível a não ocorrência de incompatibilidades. No entanto com a implementação da tubagem com um joelho cuja largura é de 130 mm, tal como se observa na figura 5.4, parece impossível não extravasar a espessura de parede.

A incompatibilidade da figura 5.4 é muito difícil de ser detetada num projeto de metodologia tradicional, uma vez que esta deteção envolve o conhecimento detalhado da arquitetura, bem como dos materiais e sistemas construtivos relativo à tubagem de águas residuais. A equipa projetista ao ser confrontada com esta condicionante remeteu a sua resolução para a fase de construção.

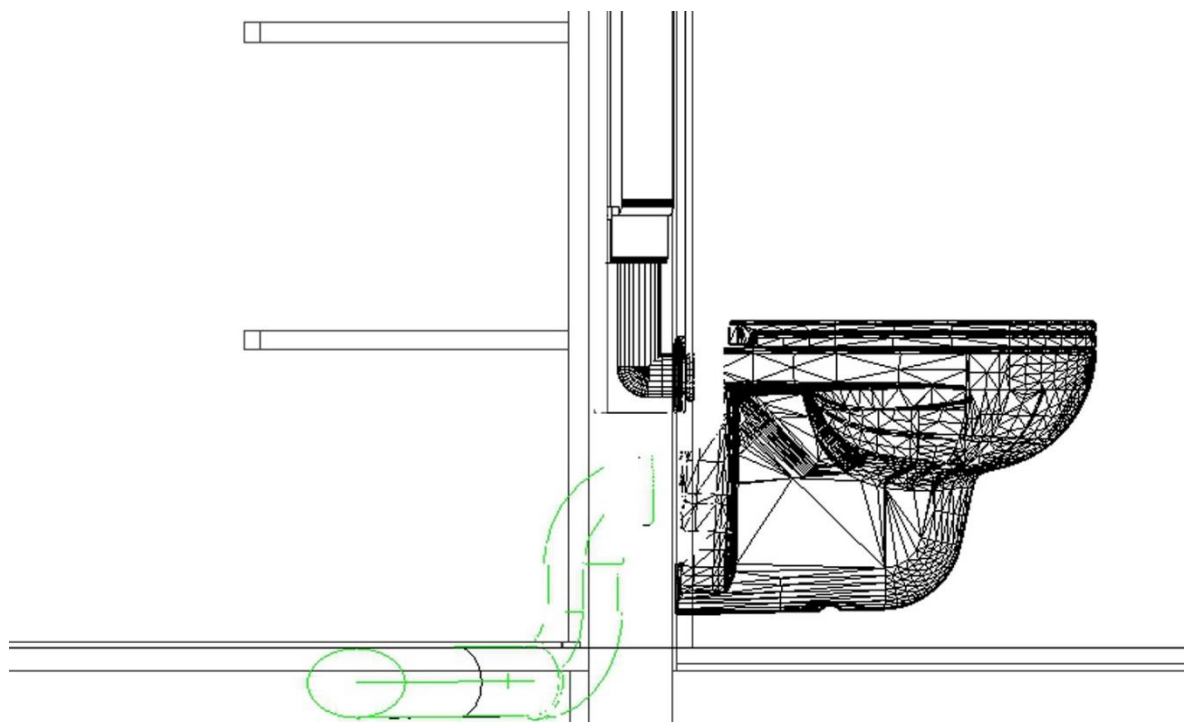


Fig. 5.4 – Incompatibilidade de espaço de parede relativo às ligações entre tubagens de águas residuais

A segunda incompatibilidade detetada é relativa ao espaço disponível da camada de regularização de laje e a sua relação com a inclinação dos ramais de ligação. A camada de regularização de laje tem uma espessura de 100 mm, sendo a tubagem de espessura máxima de 90 mm. No entanto considerando uma inclinação mínima dos ramais de ligação de 1% existem situações em que a espessura da laje de regularização revela-se insuficiente, para ocultar totalmente o ramal de ligação. Nos casos mais graves, esta condicionante foi considerada pela equipa projetista considerando-se nestes casos o rasgamento da laje.

Expõe-se na figura 5.5 duas situações onde esta incompatibilidade se torna óbvia. Na figura 5.5 a) é possível observar o ramal de ligação existente entre a caixa de pavimento da cozinha e o respetivo tubo de queda. Pela figura 5.5 a) também se verifica que a inclinação do ramal de ligação é a mínima possível de aproximadamente 1%, no entanto observa-se o desfasamento de 35 mm face à camada de regularização da respetiva laje. Esta incompatibilidade que ocorre na cozinha é a mais gravosa de todas devido à distância considerada entre a caixa de pavimento e o respetivo tubo de queda.

Na figura 5.5 b) observa-se a incompatibilidade relativa a uma casa de banho no primeiro piso, onde se exhibe a mesma incompatibilidade detetada em relação à camada de regularização mostrando-se contudo menos gravosa. Nas casas de banho do primeiro piso o desfasamento máximo observado foi de 15 mm. No caso do segundo e terceiro pisos o mesmo problema foi observado sendo no entanto o valor médio observado de incompatibilidade de 5 mm, valor este significativamente mais baixo e praticamente desprezável.

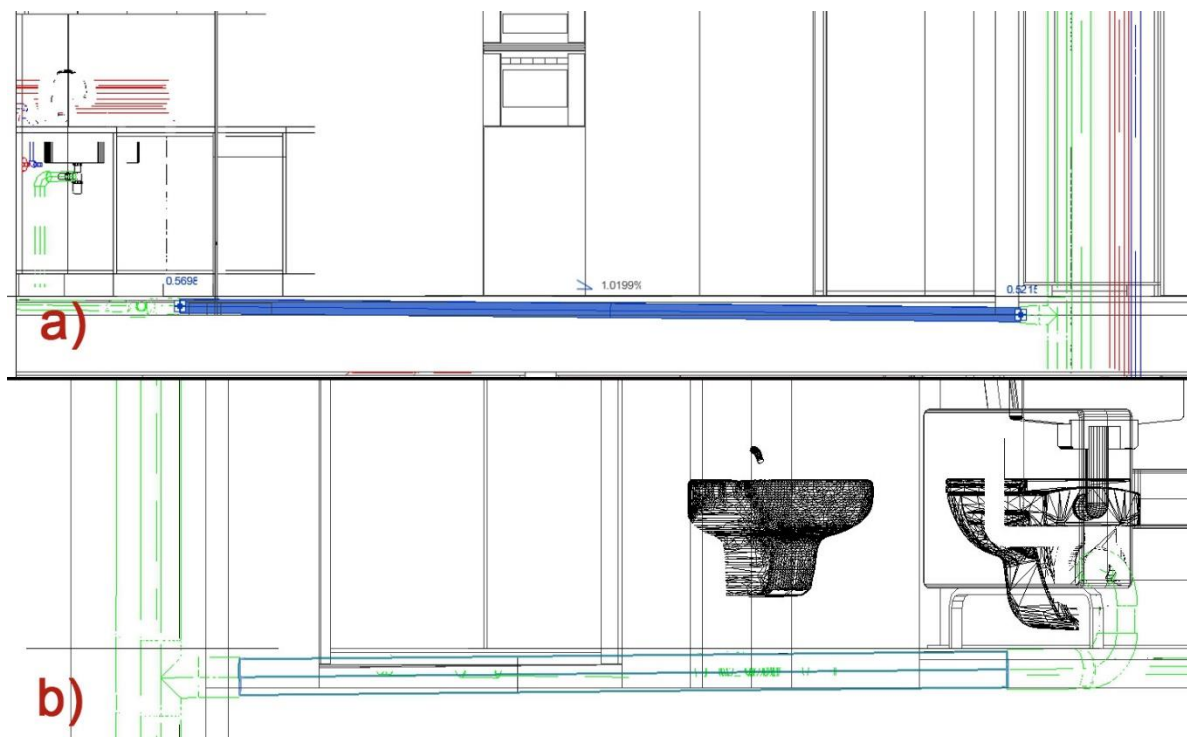


Fig. 5.5 – Incompatibilidade de espaço de camada de regularização face a inclinação dos ramais de ligação

#### 5.3.4. SISTEMA DE ASPIRAÇÃO CENTRAL

No sistema de aspiração central, não tendo sido elaborado qualquer projeto de instalações pela respetiva especialidade, não existem possíveis erros a detetar pois estas instalações foram concebidas na implementação BIM deste trabalho.

O sistema de aspiração central não oferece qualquer tipo de incompatibilidades relativamente com o projeto de arquitetura, sendo apenas necessário uma consideração entre projetos de especialidade. Esta é relativa ao projeto elétrico uma vez que terá de ser considerada uma tomada elétrica nas proximidades do aspirador, para alimentação deste.

# 6

## Conclusões

### 6.1. DISCUSSÃO

Tendo em conta a figura 2.6 e a implementação das instalações no caso de estudo verifica-se que o trabalho efetuado é direcionado para o nível 3 de maturidade BIM uma vez que foram considerados e explorados vários conceitos. Estes conceitos relativos ao nível 3 estiveram relacionados com as verificações de objetos e exportações IFC utilizadas, quer numa fase inicial pré implementação quer na fase pós implementação.

Com o desenvolvimento da implementação do projeto de instalações verificou-se que a aplicabilidade com sucesso de um projeto de especialidade em BIM encontra-se sujeita a inúmeros fatores externos e internos ao *software* de utilização. Dos fatores internos aqueles que se mostraram mais notáveis foram as várias opções de visualização e de navegação existentes presentes na interface de cada *software*. De entre os fatores externos que podem influenciar o comportamento do software estão essencialmente o computador com um conjunto finito de recursos, e os projetistas com aplicação dos procedimentos considerados na sua forma de trabalho.

Um fator que influenciou de forma bastante notável a rapidez e coerência de aplicação do caso de estudo foi a existência de objetos paramétricos em biblioteca. As bibliotecas de objetos constituem uma base de dados fundamental à rápida e correta implementação de qualquer projeto de instalações. No entanto ao longo da implementação efetuada as diferentes bibliotecas utilizadas revelaram muitos fatores negativos que impedem a sua utilização ou as tornam um fator de desperdício em projeto. As bibliotecas de objetos atuais têm o grande problema de serem fortemente negligenciadas pelas diferentes empresas fabricantes dos vários equipamentos. Deste modo na falta de um qualquer objeto específico, um projetista que resolva lançar-se na pesquisa deste, quer pela procura nos *sites* das diferentes empresas, quer pela pesquisa em bibliotecas, estará na sua maior parte das vezes a gastar um tempo bastante significativo e que não produzirá o efeito à partida desejado. Além de uma falta generalizada de objetos relativos às empresas, as bibliotecas consideradas no caso de estudo revelaram ser orientadas de forma bastante significativa para o mercado Americano, sendo várias macas comerciais existentes em biblioteca, inexistentes no mercado Europeu. As bibliotecas internas do Revit, embora relativas sempre a objetos genéricos, também se revelaram insatisfatórias quer pelos erros de instalação ocorridos, quer pelo enorme tempo gasto em atualizações.

Existem vários fatores que colocam as empresas numa posição hostil quando confrontadas com a ideia de utilização do BIM face a procedimentos tradicionais. Estes além do esforço de reestruturação interna da empresa estão centrados nos custos envolvidos na formação de pessoal especializado, bem

como de custos de compra e manutenção de *software* e *hardware*. Tal como se constata pela implementação das instalações do caso de estudo, o manuseamento e resolução de problemas existentes nas diferentes ferramentas consideradas implicam a existência de conhecimentos bastante específicos de utilização de *software* por parte de uma equipa projetista. Para implementar corretamente e rigorosamente qualquer projeto, a equipa projetista terá de possuir conhecimentos específicos de cada interface da ferramenta BIM a ser utilizada, de modelação 3D, de terminologia específica existente bem como de diferentes opções que possibilitam a interoperabilidade.

Outra desvantagem que se revelou presente ao longo da implementação foi o facto de todo o processo se ter revelado bastante demorado. Determinados procedimentos considerados demonstraram-se bastante lentos de serem obtidos o que numa situação real revelam-se indesejáveis de serem considerados devido aos aspetos económicos de projeto. No entanto o facto de toda a implementação ter mostrado uma lentidão aparente, esta pode também ser apontada em grande parte a toda a aprendizagem de utilização das diferentes ferramentas bem como à experimentação de caminhos alternativos para a resolução de alguns problemas. De todo o processo de implementação realizado, as fases que se consideraram mais longas de realização foram a busca, modelação e edição de objetos paramétricos relativos a equipamentos das redes implementadas. Numa situação real de projeto, o tempo despendido numa primeira abordagem a esta lógica BIM estima-se que será significativamente mais alargada do que num processo tradicional. No entanto após os diferentes projetistas terem presentes os conceitos e procedimentos a adotar a sua aplicação demonstrar-se-á ser cada vez mais rápida de implementar. Relativamente aos objetos paramétricos em caso de impossibilidade de obtenção dos mesmos, relativos a cada modelo e marca comercial específica, poder-se-á considerar a adoção de objetos de biblioteca genéricos. Contudo sabe-se à partida que a adoção de objetos genéricos levará a uma perda visual e de rigor em projeto. Considerando ainda objetos que devido à sua especificidade são impossíveis de encontrar em bibliotecas, como foi o caso da união cruzamento, será necessário a modelação destes para posterior aplicação em projeto. O processo de modelação poderá ser demorado, dependendo muito dos conhecimentos do projetista associados à modelação e edição 3D. A criação de objetos novos através de modelação 3D pode levar a perdas de tempo significativas quando aplicados a situações reais de projeto. No entanto estima-se que uma empresa que adote esta lógica possa compensar estas perdas ao fim de alguns projetos. Tal compensação de tempo ocorre uma vez que a referida empresa irá criar a sua própria biblioteca de objetos paramétricos, podendo fazer uso destes de forma repetida entre os vários projetos e não tendo deste modo a necessidade de modelar novamente cada objeto de raiz.

A interoperabilidade é apontada como sendo um centro de conflitos entre as diferentes especialidades, constituindo um foco de atenção por parte da indústria AEC. Ao longo de todo o conjunto de procedimentos considerados para importações e exportações de projetos verificou-se a ocorrência de erros e avisos por parte das ferramentas usadas. Contudo após uma atenta verificação de importações efetuadas, considera-se que a interoperabilidade foi conseguida com alguma significância ao longo de todo o processo de implementação. A situação mais complicada de gerir e também aquela que se considera mais importante a nível de interoperabilidade foi a junção de ambos os projetos que apenas foi conseguida recorrendo a uma terceira ferramenta e que põe em causa o rigor de sucesso final do projeto único. Não menos importante é o facto de numa situação real, poder causar grandes conflitos bem como atrasos é a falta de interoperabilidade entre objetos paramétricos modelados em Sketchup. No presente caso de estudo foram consideradas formas de proceder que permitem contornar os diferentes impedimentos detetados, considerando-se os procedimentos adotados como fulcrais a uma boa interoperabilidade entre objetos.

Considerando o projeto de instalações do caso de estudo, várias vantagens podem ser retiradas a partir da sua comparação com o projeto CAD previamente fornecido e elaborado segundo a lógica de projeto tradicional. As vantagens retiradas da utilização do BIM encontram-se em seguida apresentadas e posteriormente explicitadas:

- Trabalho de projeto de instalações facilitado relacionado com a interoperabilidade do projeto de arquitetura;
- Detecção facilitada de incompatibilidades entre projetos de especialidade;
- Possíveis vantagens económicas relacionadas com a definição precisa de todo o projeto de instalações;
- Projeto de leitura facilitada relacionada com a visualização apelativa do projeto em 3D;
- Minimização de erros que possam advir de pequenas alterações de projeto;

Considera-se que a implementação do projeto das instalações revelou-se bastante facilitado, uma vez que o projeto de arquitetura foi exportado para Revit não existindo qualquer repetição de desenho do projeto de arquitetura, que de outra forma teria de ser considerado. Estima-se desta forma que a vantagem de aproveitamento de projetos anteriormente desenhados é bastante notável em termos de economia de projeto de especialidade.

Verifica-se uma melhor deteção de todo um conjunto de erros e incompatibilidades relacionadas com a existência de um edifício totalmente caracterizado e detalhado num ambiente virtual. No caso de estudo as incompatibilidades e erros detetados encontram-se explicitados nas figuras 5.3, 5.4 e 5.5 e constituem uma vantagem evidente de utilização de uma lógica BIM que permite a aplicação de um processo de resolução antes que tais incoerências sejam apenas detetadas em fase de construção.

Existem também todo um conjunto de vantagens económicas relacionadas com a precisa definição existente de todo um projeto. No caso de estudo considerado estas vantagens económicas relacionam-se com a rede de retorno de água quente de abastecimento uma vez que encontrando-se definida em BIM e considerando os percursos mais curtos possíveis, é possível obter uma poupança significativa quando comparado com um projeto cujo retorno segue o percurso de abastecimento de água quente, ou que é definido apenas em situação de obra. Relativamente à definição rigorosa do projeto é também possível observar todos os casos em que serão necessárias as uniões cruzamento consideradas em várias situações de difícil interseção entre tubagens, possibilitando assim uma melhor preparação e definição das quantidades precisas de materiais a serem utilizados em obra.

Pelo aspeto final de um projeto BIM em 3D espera-se uma melhor visualização, leitura e consequente entendimento de uma forma mais intuitiva de projeto. Esta leitura facilitada pode ser fulcral tanto na comunicação entre as diferentes especialidades quanto na comunicação ao cliente da projeto.

Caso se considerem alterações de projeto conclui-se que estas encontram-se facilitadas por se ter previamente efetuado a implementação em BIM. Verifica-se, pelas diferentes alterações que tiveram de ser efetuadas ao longo do caso de estudo, que estas foram de muito mais fácil elaboração do que se o projeto estivesse em formato tradicional CAD. Tais alterações apenas foram realizadas numa só vista considerada, sendo que o BIM atualiza as alterações consideradas a todas as vistas existentes. Este processo de edição e atualização de uma forma abrangente permite a redução de tempo de trabalho de edição bem como uma maior segurança de alteração. Esta segurança existe e é bastante notável, uma vez que não irão existir vistas desatualizadas e que possibilitam a propagação do erro a jusante do projeto.



## 6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Os desenvolvimentos futuros que através da implementação realizada conclui-se que necessitam de ocorrer, de forma a permitirem uma melhor aplicabilidade e segurança de projeto em BIM, encontram-se seguidamente enumerados sendo posteriormente explicitados:

- Desenvolvimento de formatos que permitam uma maior interoperabilidade;
- Desenvolvimento de manuais que segundo diferentes objetivos exponham procedimentos a considerar;
- Desenvolvimento de ferramentas que permitam a posterior edição de objetos para a fase de manutenção;
- Desenvolvimento de ferramentas que tornem o LOD um conceito mais intuitivo e útil em projeto;

O formato de interoperabilidade considerado entre projetos foi o IFC 2×3, que possibilitou a importação e exportação nas diferentes fases de implementação consideradas. No entanto pela quantidade de erros, avisos e problemas detetados verifica-se que este formato terá de evoluir de forma a possibilitar uma maior facilidade e uniformização relativa às trocas de dados entre as diferentes ferramentas BIM.

Alguns dos processos apresentados foram descobertos iterativamente por tentativas como também pela consulta de diferentes *forums* de discussão relativos a BIM. Embora existam várias formas de explicações de utilização de *software* presentes tanto em sites como em manuais disponibilizados pelas diferentes ferramentas, existem muitas questões que não se encontram desenvolvidas nem abordadas de uma forma simples e de rápida consulta. Com vários profissionais da indústria AEC a utilizarem cada vez mais ferramentas BIM, existe a possibilidade de criação de manuais de procedimentos adaptados a cada situação e projeto específicos. Estes manuais, se vierem a existir, possibilitam uma maior facilidade e rápida aplicação de determinado procedimento, permitindo consequentemente uma melhor uniformização e segurança em projeto.

Tal como foi verificado ao longo da implementação, o manuseamento de qualquer ferramenta BIM pode apenas ser realizado por pessoal especializado que tenha conhecimento alargado de diferentes conceitos e procedimentos a considerar. Contudo pela observação da figura 2.5, considerando o ciclo de vida de um edifício alargado à manutenção, é necessário considerar pessoal especializado que faça a atualização de eventuais alterações de objetos, bem como da informação relativa a estes. Deste modo considera-se importante o desenvolvimento de ferramentas BIM otimizadas e adaptadas a situações de manutenção de edifícios, permitindo que o gestor encarregado pela manutenção consiga efetuar alterações básicas sem ter de possuir conhecimentos alargados de projeto, nem de recorrer às ferramentas complexas que existem atualmente.

O LOD ao designar o grau de confiança na informação representada, deveria estar muito mais presente no desenvolvimento e apresentação final de objetos em BIM. As tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 tiveram como um dos objetivos classificar relativamente ao LOD, os diferentes objetos considerados ao longo da implementação. Contudo, esta classificação foi atribuída pelo autor, sendo completamente negligenciada pelo *software* utilizado. A classificação quanto ao LOD deveria ficar definida internamente em projeto. Além da possível definição, deveria existir uma opção de visualização que permitisse a apresentação do projeto em que seria considerada distinção de cor relativamente ao LOD de cada objeto considerado, permitindo uma visualização intuitiva dos diferentes objetos a considerar com os respetivos níveis de confiança. Considera-se desta forma a utilidade de desenvolvimento de

ferramentas que tornem o LOD um conceito mais intuitivo e útil em projeto. A figura 6.1 a) representa um troço do abastecimento de águas tal como é apresentado na opção de visualização *ray trace* do Revit. A figura 6.1 b) é relativa a uma opção visual que poderia existir caso o LOD estivesse mais presente e associado aos diferentes objetos. Nesta figura observam-se elementos de LOD 100 cuja confiança na geometria e posição exata, não poderão ser consideradas. Os elementos de LOD 200 já poderão ser considerados relativamente ao seu tamanho, forma e localização, estando os objetos de LOD 300 perfeitamente definidos geometricamente bem como considerando algumas informações básicas. Os elementos representados com LOD 400 encontram-se perfeitamente definidos quer a nível geométrico, quer a nível de informações detalhadas para produção de documentos. Considera-se que o desenvolvimento de um aspeto visual dos diferentes níveis de LOD possibilitaria uma vantagem da maior importância, quer pela sua simplicidade visual, quer pela rápida leitura do nível de confiança que se pode considerar associada a cada objeto paramétrico.

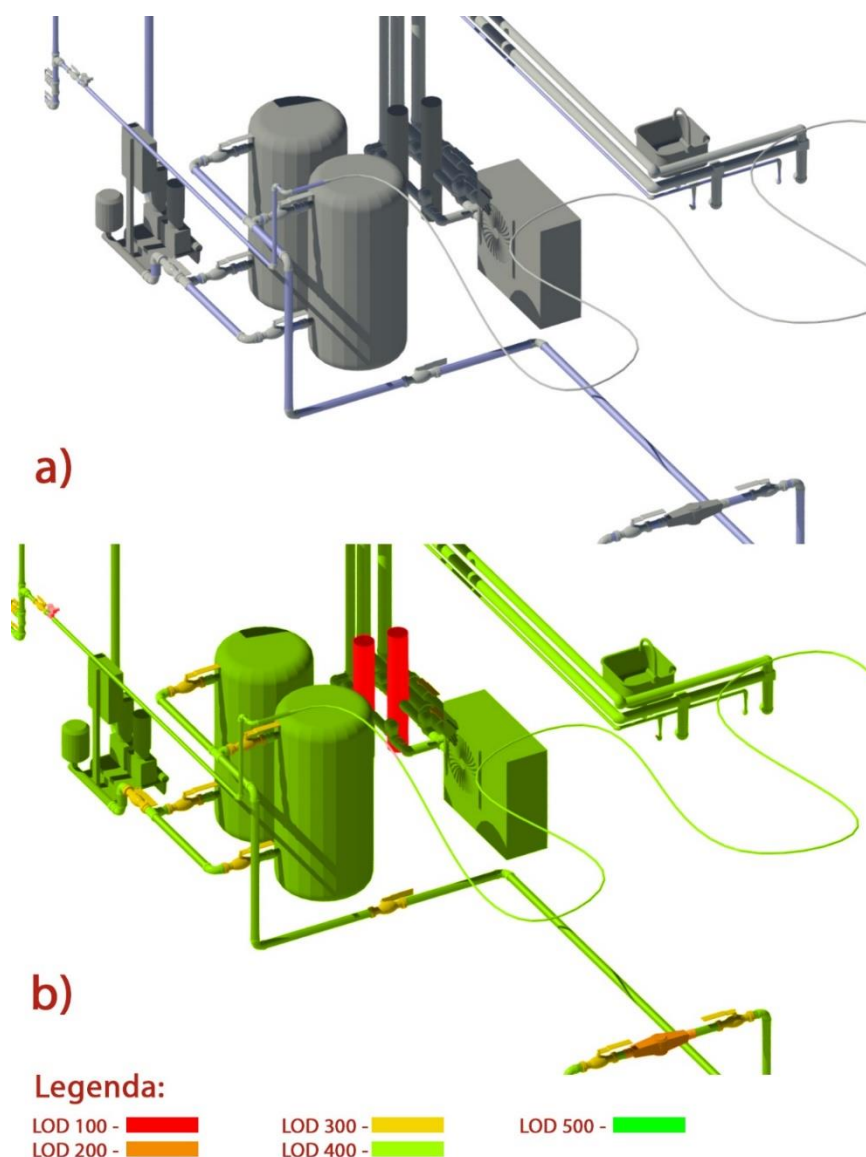


Fig. 6.1 – Comparação entre aspetos visuais: a) Opção *ray trace* do Revit; b) Opção a ser desenvolvida futuramente e que possibilita uma leitura intuitiva dos diferentes níveis de LOD;



## Referências Bibliográficas

- ACO - ACO. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.aco.pt/pt/>>.
- Aertecnica - Aertecnica think clean. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.aertecnica.com/>>.
- Arantes, Paula; Costa, Jorge Moreira da - Lean Construction. FEUP: 2008.
- Architects, Bond Bryan - BIM Blog - Speaking a common language. 2013. Disponível em WWW: <<http://bimblog.bondbryan.com/>>.
- Art, Metropolitan Museum of - The Metropolitan Museum of Art. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.metmuseum.org/>>
- Astbury, Jon - Architects do it with models: the history of architecture in 16 models. 2014. Disponível em WWW: <<http://www.architectural-review.com/>>.
- Autodesk - Autodesk Accounts. 2015a. Disponível em WWW: <<https://accounts.autodesk.com/>>.
- Autodesk - Autodesk Seek. 2015b. Disponível em WWW: <<http://seek.autodesk.com/>>.
- Baldwin, A. N.; Bordoli, David - A handbook for construction planning and scheduling. Chichester: Wiley-Blackwell, 2014. 9780470670323 (pbk.)
- Brandon, P. S.; Kocatürk, Tuba; RICS Foundation. - Virtual futures for design, construction & procurement. Oxford ; Malden, MA: Blackwell Pub., 2008. Disponível em WWW: <<http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0806/2007039586-d.html>>  
<<http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0806/2007039586-t.html>>  
<<http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0806/2007039586-b.html>>. 9781405170246 (hardback alk. paper)  
1405170247 (hardback alk. paper)
- Built, Mr As - Mr As Built - BIM Navisworks Services. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.mrasbuilt.com/>>.
- Carrier - Carrier. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.carrier.pt/>>.
- Coprax - Coprax. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.coprax.com/pt/>>.
- Czmoch, Ireneusz; Pekala, Adam - Traditional Design versus BIM Based Design. *Procedia Engineering*. Vol. 91. (2014). p. 210 – 215.
- Dankers, Marc; Geel, Floris van; Segers, Nicole M. - A web-platform for linking IFC to external information during the entire lifecycle of a building. *Procedia Environmental Sciences*. Vol. 22. (2014). p. 138 – 147.
- designs, Applecore - About BIM. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.applecoredesigns.co.uk/bim/>>.
- Dispenza, Kristin - The Daily Life of Building Information Modeling (BIM). 2010. Disponível em WWW: <<http://buildipedia.com/>>.
- Docherty, Paul - The Amarna:3D Project. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.amarna3d.com/>>.
- Duravit - Duravit. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.duravit.com/>>.
- Dzambazova, Tatjana; Krygiel, Eddy; Demchak, Greg; Safari Tech Books Online. - Introducing Revit architecture 2010 BIM for beginners Wiley Pub., 2009. Disponível em WWW: <<http://proquest.safaribooksonline.com/?uiCode=yaleu&xmlId=9780470473559>>. 9780470473559 (paper/website)  
047047355X (paper/website)
- Eastman, Charles M. - BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. 2nd. Hoboken, NJ: Wiley, 2011. 9780470541371 (hardback)
- Elbi - 2015. Disponível em WWW: <<http://www.elbi.it/>>.
- Evolution, Water - Water Evolution. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.waterevolution.net/>>.
- Fernandes, Raquel Almeida - Relevância das instalações no projeto de reabilitação de edifícios de habitação. FEUP: FEUP, 2012.

- Glenn Ballard, Lauri Koskela, Gregory Howell, Todd Zabelle - Production System Design in Construction. Singapura 2001.
- Graphisoft - Graphisoft. 2015a.
- Graphisoft - <https://myarchicad.com/>. 2015b. Disponível em WWW: <<https://myarchicad.com/>>.
- Jacq, Christian - Akhenaton et Néfertiti : le couple solaire. Paris: R. Laffont, 1976.
- Johansson, Mikael; Roupé, Mattias; Bosch-Sijtsema, Petra - Real-time visualization of building information models (BIM). *Automation in Construction*. Vol. 54. (2015). p. 69-82.
- KSB - KSB. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.ksb.com/>>.
- Latiffi, Aryani Ahmad; Brahim, Juliana; Mohd, Suzila; Fathi, Mohamad Syazli - Building Information Modeling (BIM): The Level of Development (LOD) in the Malaysian Construction Projects. *Sustainable Solutions in Structural Engineering and Construction*. (2014).
- McPhee, Antony - practical BIM. 2013. Disponível em WWW: <<http://practicalbim.blogspot.pt/>>.
- Ministério das obras públicas, transportes e comunicações - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais. 1995.
- NBS - nbs National BIM Library. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.nationalbimlibrary.com/>>.
- Ofcdesk - Ofcdesk bim better. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.ofcdesk.com/>>.
- OLI - OLI. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.oli.pt/>>.
- Pinho, Sérgio Miguel Ferreira de - O modelo IFC como agente de interoperabilidade. FEUP: FEUP, 2013.
- RevitCity - Revit City. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.revitcity.com/>>.
- RevitForum - Revit Forum. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.revitforum.org/>>.
- Sinclair, Dale - BIM Overlay to the RIBA Outline Plan of Work RIBA Publishing, 2012.
- Sketchup - Sketchup. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.sketchup.com/>>.
- Standard, National BIM - The National BIM Standard-United States. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.nationalbimstandard.org/>>.
- Tigre - Tigre. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.tigre.com.br/>>.
- Toman, Rolf; Bednorz, Achim - Baroque : architecture, sculpture, painting. Köln: Könemann, 1998. 3895089176
- Venugopal, M.; Eastman, C.M.; Sacks, R.; Teizer, J. - Semantics of model views for information exchanges using the industry foundation class schema. *Advanced Engineering Informatics*. Vol. 26. (2012). p. 411-428.
- Volk, Rebekka; Stengel, Julian; Schultmann, Frank - Building Information Modeling (BIM) for existing buildings — Literature review and future needs. *Automation in Construction*. Vol. 38. (2014). p. 109-127.
- Vulcano - Vulcano. 2015. Disponível em WWW: <<http://www.vulcano.pt/>>.
- Watson, Alastir - Digital buildings – Challenges and opportunities. *Advanced Engineering Informatics*. Vol. 25. (2011). p. 573–581.
- Wildung, Dietrich; Stierlin, Anne; Stierlin, Henri - Egypt : from prehistory to the romans. Köln [etc.] ; Taschen, 1997. 3822882526
- Wood, Jamin; Panuwatwanich, Kriengsak; Doh, Jeung-Hwan - Using LOD in structural cost estimation during building design stage: Pilot study. *Procedia Engineering*. Vol. 85. (2014). p. 543-552.